

INTRODUCCIÓN, por Ángel Moreno Santiago

a la traducción¹ del capítulo Juanelo Turriano (1500-1585) en *Beiträge zur geschichte des maschinenbaus* (Contribuciones a la historia de la ingeniería mecánica) por Theodor Beck, 1ª edición, Berlín, Julius Springer, 1899, págs. 365-390.



Luis de la Escosura y Morrogh (1821-1904), Ingeniero de Montes y senador por la provincia de Albacete entre 1882 y 1894, fue comisionado en 1861 por el Ayuntamiento de Toledo para estudiar el sistema de abastecimiento de aguas a la ciudad. Quedó tan impresionado por la visión de las ruinas del Artificio en el río que, según escribe, “*se despertó en mí ánimo el deseo de conocer la ponderada y casi maravillosa máquina de Juanelo, no perdonando desde entonces medio alguno que estuviera a mi alcance para satisfacer esta curiosidad*”.

El resultado de los trabajos del ingeniero Luis de la Escosura en esta materia fue publicado en 1888 en las *Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, Tomo XIII, parte 2ª, con el título “El Artificio de Juanelo y el Puente de Julio Cesar”.

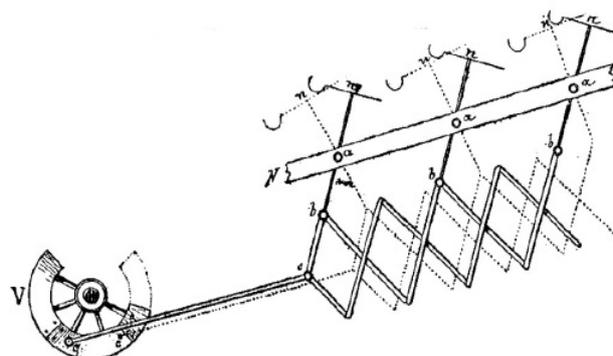
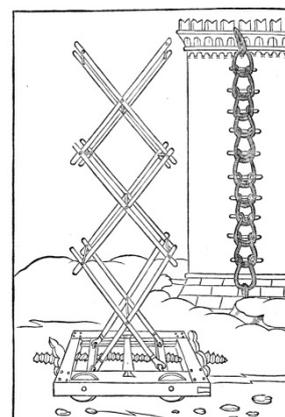
Entrando en la materia del estudio que llevó a cabo, lo que perturbó a D. Luis de la Escosura para llegar a conclusiones sobre cómo era el Artificio fueron sus intentos para encajar en el diseño la escala de Valturio que cita Morales en sus *Antigüedades de las Ciudades de España*.

La escala de Valturio es un mecanismo sencillo que este ingeniero italiano incluye en *De re militari*, el teatro de máquinas que publicó en 1472. Girando el eje roscado de la parte inferior se consigue que el plano superior suba o baje manteniéndose horizontal

Para poder incluir en la máquina de Juanelo la escala de Valturio, a Escosura se le ocurren dos soluciones.

En la primera de ellas la escala se utiliza como transmisión para el movimiento de vaivén. Según la figura, se disponen dos mecanismos similares en paralelo, el segundo de los cuales, el que está detrás, es el representado con líneas de puntos. Las semiruedas V son las que mueven las dos escalas, que, a su vez, hacen balancearse a los cazos articulados en los

ROBERT VALTVRIN



¹ Agradecemos la colaboración prestada para esta traducción a Birgitt Klein van der Felden.

puntos de anclaje (señalados a) del madero N. Detrás del madero N hay otro similar que soporta el segundo juego de cazos, el punteado.

Para que este mecanismo pueda funcionar es imprescindible que las articulaciones sean sólo las marcadas con pequeños círculos, ya que los rombos no pueden sufrir deformación alguna al funcionar; pero de esta manera la escala de Valturio, aunque mantiene la forma, pierde su principal virtualidad. Esta solución mantiene la imagen estática de la escala, por lo que el ingeniero Escosura piensa una segunda solución que se asemeje también en sus componentes dinámicos.

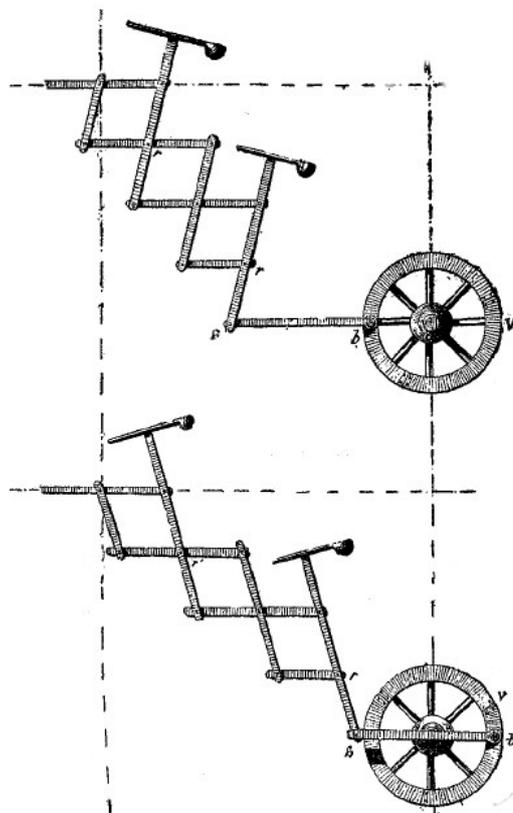
En la figura se representan las posiciones extremas de un mecanismo que funciona con dos puntos fijos, el centro de la rueda y la articulación superior de la escala. Prescindiendo de que sobra un grado de libertad y sería necesario, por ejemplo, guiar el extremo izquierdo de la biela inferior mediante una corredera horizontal, este mecanismo hace oscilar los cazos de modo que es posible elevar el agua de esta manera si, como en el caso anterior, se dispone de dos sistemas en paralelo y funcionando de manera sincronizada. El problema es sincronizar las componentes horizontales para que el agua tenga tiempo para verter *preferiblemente* dentro de los cazos receptores.

Comparando estas dos alternativas, Escosura razona del modo siguiente:

“En la primera de las figuras los canales que reciben y vacían el agua alternativamente, giran en ejes o muñones que tienen una posición invariable, y en el caso de la segunda figura estos ejes o muñones cambian de posición, es decir, que avanzan o retroceden al abrirse o cerrarse el sistema de palancas articuladas. De aquí resulta que la distancia entre dos caños consecutivos se alarga en el movimiento de retroceso (dibujo inferior), porque los rombos formados por los maderillos se estiran según la dirección general del tirante; y en el de avance (dibujo superior) se acorta la distancia, porque los rombos se extienden perpendicularmente al eje del tirante. Si la escala hubiese funcionado, lo que no es creíble, como tirante de palancas articuladas, los maderos N no figurarían en la máquina y el tirante iría unido al gran murallón que desde el río se elevaba al Alcázar.

Por las dificultades expuestas con que he tropezado, y por la oscuridad con que Morales describe el Artificio, me veo precisado a declarar que la única solución, a mi parecer, para aplicar la escala de Valturio a la máquina de Juanelo, es la representada en la primera figura.

El tirante del Artificio, compuesto de maderillos, es un órgano perfecto, muy superior a las barras de hierro y argollas de Ramelli, que en los cambios frecuentes de movimiento de la máquina producirían necesariamente choques y trepidaciones que abreviarían su duración.



Debo confesar que no comprendo la necesidad de dos vasos en cada caño... pues bastaría con uno, pudiendo el tubo, por el lado opuesto, descargar directamente en el vaso del inmediato de la otra fila, como en el aparato de Ramelli."

En lo hasta aquí expuesto se resume la aportación de Escosura a cómo pudo ser el artificio de Juanelo en Toledo.

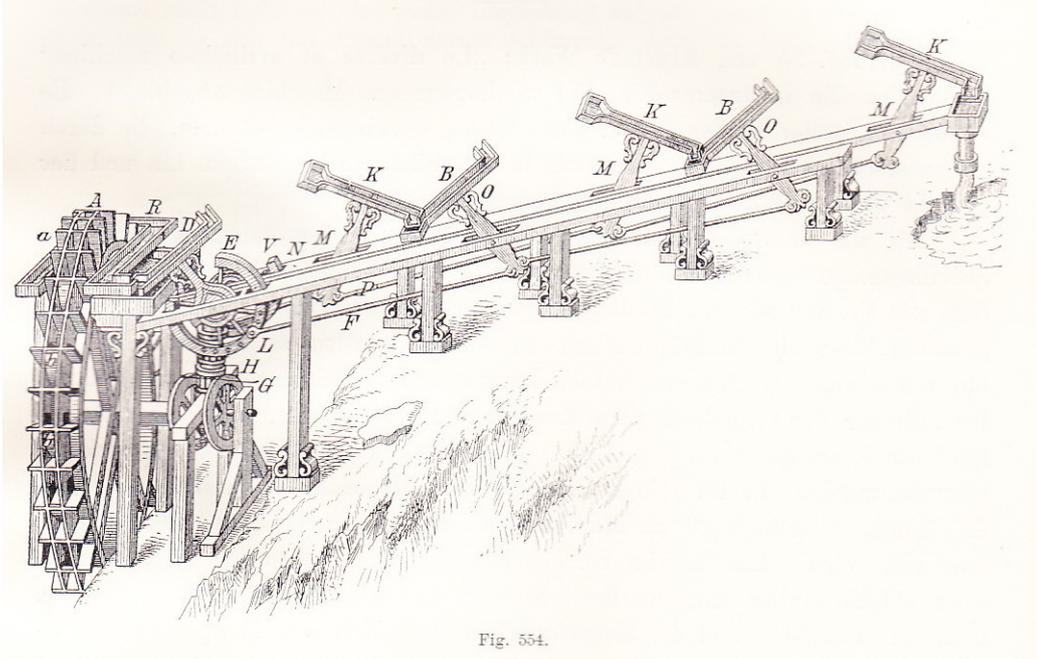
Pero la casualidad quiso que, unos años después, un ejemplar de la citada publicación de Escosura en la *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid* llegara a manos de un profesor de la Politécnica de Darmstad, el ingeniero Theodor Beck, que estaba escribiendo el tratado "*Beiträge zur geschichte des maschinenbaus*" (Contribuciones a la historia de la ingeniería mecánica), que finalmente publicaría en 1899.

Muestra del interés que despertó en Beck el trabajo de Escosura es que en su "*Beiträge zur geschichte des maschinenbaus*" le dedica un capítulo completo, que titula *Juanelo Turriano (1500-1585)*. Las 26 páginas de este capítulo son, en su mayor parte, una traducción al alemán del texto de Escosura, pero también se incluyen numerosos comentarios interesantes y, sobre todo, Beck aporta algunas soluciones al callejón sin salida al que llegó Luis de la Escosura. Éste falleció en 1904 y se ignora si llegó a tener conocimiento de estas aportaciones de Beck, pero no es arriesgado pensar que, en todo caso, le hubieran complacido.

La traducción al español del capítulo *Juanelo Turriano (1500-1585)* de "*Beiträge zur geschichte des maschinenbaus*", se ha hecho partiendo de un ejemplar de la primera edición de esta obra, escrita en alemán, que forma parte de la biblioteca de la Fundación Juanelo Turriano. En la misma biblioteca puede consultarse también la publicación original citada de Luis de la Escosura de 1888.

JUANELO TURRIANO (1500-1585)

En la figura 554, perteneciente al libro de Ramelli “Le diverse et artificiose machine”, se ilustra una máquina que, mediante dos filas de mecanismos pivotantes movidos por una rueda que produce un movimiento de vaivén, puede conseguir que el agua ascienda a una montaña.



En nuestras discusiones de 1890 sobre Ingeniería civil tratando de la máquina de Ramelli se consideró que esta máquina era sólo producto de la especulación, que nunca se aplicó en la práctica y por eso apenas se le dedicaban unas palabras. Recientemente el Dr. Nick, bibliotecario de la Biblioteca de la Corte del Gran Duque de Hesse, nos ha informado de la existencia de un ensayo del Ingeniero don Luis de la Escosura y Morrogh, publicado en Madrid el año 1888 en las “Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas”, que muestra de manera evidente que una máquina de este tipo no sólo funcionó en el siglo XVI sino que lo hizo durante ochenta años, máquina que se hizo tan famosa que fue descrita por los cronistas y alabada por poetas y escritores.

Este ensayo se titula: “El Artificio de Juanelo y el Puente de Julio Cesar”. En la introducción se dice:

Janelo ó Juanelo Turriano, relojero y mecánico del Emperador Carlos V, llegó á ser un célebre Ingeniero en el reinado de Felipe II, en el que construyó, para elevar el agua del Tajo al Alcázar de Toledo, la máquina ó artificio que lleva su nombre. Tuvo el acueducto que atravesar *un trecho de calle muy ancha*, según apunta el cronista Ambrosio de Morales; y Juanelo salvó esta dificultad colocando las cañerías y vasos de su máquina sobre un puente de madera, que era la fiel reproducción del que Julio César hizo construir, bajo su dirección, sobre el Rhin . . .

Creo que no estará demás que sepa el lector que en el año 1861, el Ayuntamiento de Toledo, presidido por Don Rodrigo Alegre, me comisionó para estudiar el abastecimiento de aguas á la ciudad, y que por entonces, al contemplar los restos de los muros del artificio, que existían cerca del Puente de Alcántara y que ya han desaparecido, se despertó en mi ánimo el deseo de conocer la ponderada y casi maravillosa máquina de Juanelo, no perdonando desde aquella época medio alguno que estuviera á mi alcance para satisfacer esta curiosidad . . .

En la introducción del documento “Noticias de algunas obras y proyectos para surtir de agua a Toledo, anteriores a la instalación del artificio de Juanelo” se dice:

En tiempo de los Romanos, se condujeron las de los manantiales llamados del Roble y del Castaño, situados en las faldas de las sierras que forman el puerto de Yébenes y vertientes del Castañar, por un

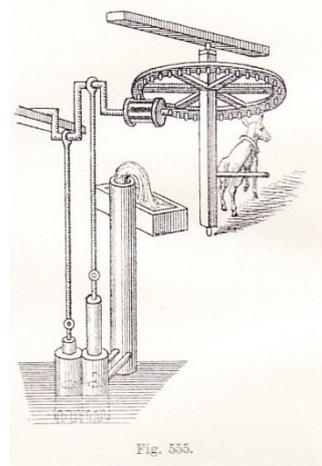
acueducto que salvaba el río Tajo, al pie de la Ciudad, con un puente de fábrica, cuyos arranques, particularmente el de la margen izquierda, se ven próximos á las ruinas del Artificio, más abajo del puente de Alcántara. No se sabe ni en qué época se construyó, ni cuándo quedó inutilizado; pero podrá formarse idea de la importancia de esta obra por su longitud, que se calcula en más de siete leguas. Entraba el agua en la Ciudad por la puerta de Doce Cantos, que se llamó en otro tiempo de Doce Caños ó Cauces.

...

Después de la destrucción del Acueducto, se surtió de agua Toledo durante muchos siglos con la del Tajo, que se subía en caballerías para el consumo diario y para llenar los aljibes del Caserío; y hasta principios del año de 1526, en que, según consta de unos apuntes encontrados en un *Libro de Recepciones del Monasterio de la Concepción Francisca* y del que da cuenta Parro (Toledo en la mano, Tomo II, pág. 659), no se pensó en modificar este primitivo sistema de abastecimiento. “Se comenzó á hacer la obra”, dicen los apuntes, “para subir el agua á la plaza de Zocodover desde los molinos de Garci-Sánchez, cabe la puente de Alcántara. Vinieron para eso oficiales de Alemania, que los hizo venir el Conde Mascio, Marqués de Zenete y Camarero mayor del Emperador, nuestro señor, y, después de comenzada la obra, para el gasto de ella se puso muy recia sisa . . . Consistía esta invención en unos grandes mazos, que, golpeando furiosamente el agua, la hacían subir por unos cañones de metal con una violencia que todos los conductos se rompían y no había materia bastante fuerte de que fundirlos: así es que duró muy poco tiempo este aparato.”

Probablemente lo que utilizaron los ingenieros alemanes fue una bomba de pistón similar a la de la figura 555, por las expresiones que se utilizan. Es lógico que en bombas de este tipo, sin cámaras de aire, los violentos golpes para presionar el agua fueran causa de importantes daños en las conducciones. Don Luis de la Escosura sigue:

¿Qué clase de metal sería el de los tubos? ¿Qué bombas usarían los alemanes? Nada puede inferirse de los *Apuntes*. Si la voz metal se acepta, no en sentido genérico, sino como azófar ó latón fundido, sorprende que el éxito fuera tan desastroso y tan inmediato. La longitud de la tubería entre los molinos de Garci-Sánchez y Zocodover no pasaría de 600 metros, y el desnivel se aproxima á 80 metros; de modo que los tubos inmediatos al río debían sufrir una presión permanente de ocho atmósferas y la eventual de la impulsión producida por los émbolos de las bombas, que, aun funcionando furiosamente, según dicen los *Apuntes del Monasterio*, no debieron ocasionar la inmediata destrucción de los tubos de latón fundido.



En aquellas circunstancias es lógico que se subestimaran las consecuencias del impacto de los golpes. Si, por razones de lo costoso del material, se usaron tubos de bronce o de latón de paredes delgadas, es previsible que estallaran puesto que 90 metros de altura y el peso del agua originan una presión de 8 a 9 atmósferas. Nuestro autor continúa:

No puede suponerse que fueran de hierro colado ó fundición, porque, además de que su resistencia hubiera evitado el fracaso, parece un hecho comprobado que los primeros artículos de este metal se fundieron en Inglaterra por Ralph Hage y Peter Bawde, en 1554 (Baker *Cronicles of the Kings of England*. Edit. 1665 p. 317. Cit. por Ewbank. *A description and historical Account of hidraulic and other machines for raising water*. Londón: 1842, pag. 553), y los oficiales alemanes montaron sus máquinas y cañerías en 1526.

Esta última aseveración puede ser incorrecta en la medida en que balas de hierro fundido, armas de fuego, paneles de horno y morillos se fundieron en Alemania y Francia a finales del siglo XV y principios del XVI (véase el Dr. Ludwig Beck, "La Historia de Hierro", Vol. I, pp 910, 912, 948 y Vol. II, pp 293, 318, 319); pero consideramos que la producción de tubos de hierro fundido alrededor de 1526 es poco probable. Y continúa:

Me inclino á creer, por lo que llevo dicho y lo poco que de los *Apuntes* se deduce, que los tubos fueron de plomo ó fabricados con planchas de este metal, ó moldeados en trozos pequeños, soldados después entre sí con plomo solo ó con soldadura.

Vitruvio indica que el espesor es proporcional al diámetro y también dice que el peso por unidad de longitud del tubo es proporcional al diámetro, lo que implica un espesor constante de alrededor de 8 mm. Tras hacer referencia Escosura a la antigüedad de la técnica de fundición del plomo, observa que:

En la época á que se refieren los *Apuntes del Monasterio*, las bombas que se usaban en las minas de Alemania y de Hungría (*Agrícola. De Re metálica*), en Almadén (*Morales. Las Antig. de España*, t. IX, pág. 167), y en los buques para achicar el agua, eran de madera, y debían ser de poco uso las de metal, porque en 9 de Noviembre del mismo año 1526, en que llegaron los alemanes á Toledo, se expidió Real cédula, según refiere D. Martín Fernández de Navarrete (*Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron por mar los españoles*, t. I, ilustr. IV, pág. 124. Madrid 1825), á favor de Diego Ribero, Cosmógrafo y maestro de instrumentos náuticos, por una nueva bomba de metal de su invención para achicar las Naos: consta que dió excelentes resultados. Esta Real cédula y la solicitud del Sr. Fernández Navarrete en aprovechar todas las ocasiones que se le ofrecen para ensalzar el ingenio de nuestros compatriotas, son hechos, entre otros, que pudieran aducirse para probar lo arriesgado que es atribuir originalidad á muchas de las supuestas invenciones. La bomba impelente de Ctesibio, que Vitruvio describe en su *Arquitectura* con el nombre de Máquina Ctesibica, era precisamente de metal. *Ea* (la máquina) *fit ex aere*, son sus palabras; de modo que tres siglos antes de Jesucristo se construían bombas de bronce en Alejandría, y en España se concedió Real cédula de invención por una bomba de esta clase, mil ochocientos años después de la aparición de los *Comentarios de Ctesibio*. . .

Los alemanes que en 1526 vinieron á Toledo, pudieron usar bombas de bronce, porque eran conocidas; pero me inclino á creer que fueran de madera las que establecieron, porque eran las de uso corriente en las minas de su país, y aun de España. . .

No fué la obra de los alemanes, que refiere el *Manuscrito*, la última que se intentó para subir á Toledo las aguas del Tajo antes de que se estableciera el Artificio de Juanelo, porque en cédula de 20 de Octubre de 1570, registrada al folio 211 del libro de Obras y Bosques (*Noticias de las Arquitectos y de la Arquitectura de España*, por el Excmo. Sr. Don Eugenio Llaguno, ilustradas y acrecentadas por D. Juan Agustín Cean Bermudez, tomo II, pag. 246. Madrid 1829) «Manda el Rey á los Contadores de cuentas pasen en las del Pagador de Toledo 117.640 maravedís que había pagado á los arrendadores del molino que estaba por bajo del puente de Alcántara, por 865 días que estuvo ocupado así por nuestro mandado el año pasado de 1562 en que trataron de hacer ciertos ingenios Juan de Coten y Maestre Jorge, flamenco, nuestros criados, para subir el agua á dicha ciudad, que no tuvo efecto, como en el que después ha hecho Juanelo Turriano, nuestro relojero, desde primero de Enero de 1564 hasta 14 de mayo de 1566.»

De cuyo documento inferirá el lector, sin que pueda darle yo más amplias noticias, que Juan de Coten y maestre Jorge proyectaron en 1562 alguna máquina para subir agua á Toledo, y utilizaron ó simplemente ocuparon el molino inmediato al puente de Alcántara. Se ignora si se hicieron pruebas ó si quedó el ingenio en estado de proyecto.

Bajo el título “Entra Juanelo al servicio del Emperador” se dice:

Nació Juanelo en la ciudad de Cremona, ó el último año del siglo quince ó el primero del diez y seis, que esto no ha podido averiguarse con certeza. En lo que parece que no hay duda, es en que ejercía la profesión de relojero en 1529, cuando se coronó en Bolonia Carlos V, porque fué llamado con otros artífices para examinar un reloj de construcción complicada, que presentaron al emperador, y que por estar incompleto y oxidadas las piezas de que constaba no podía funcionar. Sólo Juanelo, entre los llamados, comprendió aquella obra, calificada de maravillosa, y ofreció restaurarla, aunque creía preferible construir un reloj nuevo semejante, y dispuesto en la misma forma que tenía el antiguo. Esta prueba de su habilidad, unida, á lo que parece, á la protección que le dispensaba Don Alonso de Avalos, Marques del Vasto, decidieron al Emperador á tomarle á su servicio, llevándole con los demás de la servidumbre en sus campañas y en sus viajes por España.

Del reloj antiguo que Juanelo restauró, ó que le sirvió de modelo, dan noticia todos los que refieren la coronación en Bolonia, ó que por una ú otra causa han escrito de la vida del Emperador ó de las obras de Juanelo. En las noticias de estos autores se advierten discordancias notables, y en las citas errores, á mi parecer, inexplicables; y siendo este reloj, tal vez, la obra más importante que Juanelo ejecutó en su vida, la que le dió celebridad de mecánico y de matemático, y la que ocasionó su entrada al servicio del Emperador, para venir después á construir en España el Artificio, creo que no debo admitir versión alguna acerca de este aparato tan ensalzado, sin examinarla detenidamente, Empezaré

este examen, copiando á continuación lo que dice Ambrosio de Morales, entusiasta admirador y amigo de Juanelo en sus *Antigüedades de España* (t. IX de la Crónica General de España, pág. 337) «y pues he comenzado á tratar de las obras de este tan extraño y ensalzado ingenio, quiero también dejar aquí alguna memoria para quien no las ha visto . . . Sólo tendré una buena ayuda en lo que el mismo Janelo me ha mostrado y dado á entender en particular de ellas. Porque, como si yo fuese capaz de comprenderlas y gozarlas, así ha querido algunas veces enseñarme y regalarme de esta manera. Él comprendió en la imaginación hacer un reloj, con todos los movimientos del cielo, así que fuese más que lo de Arquímedes que escribe Plutarco, y que lo de otro italiano destos tiempos, de quien escribe una epístola Hermolao Bárbaro á Angelo Paliciano; y salió tan adelante con el sobrepajarlos, que quien habiendo visto lo de Janelo lee lo de aquellos artífices, luego entiende quan poca cosa fué todo para ponerlo en comparación con estotro. Porque no hay movimiento ninguno en el cielo de los que considera la Astronomía, por menudo y diferente y contrario que sea, que no esté allí cierto y afinado por años y meses y días y horas. No había para qué poner ejemplos; mas todavía digo que se halla allí el primer moble con su movimiento contrario, el de la octava esfera con su trepidación, el de los siete planetas con todas sus diversidades, horas del sol, horas de la luna, aparición de los signos del zodiaco y otras muchas estrellas principales, con otras cosas extrañamente espantosas que yo no tengo agora en la memoria. Tardó, como él me ha dicho, en imaginarla y fabricar con el entendimiento la idea veinte años enteros, y de la gran vehemencia y embebecimiento del considerar enfermó dos veces en aquel tiempo y llegó á punto de morir . . . y no tardó después más que tres años en fabricarlo con las manos . . . Es mucho esto, pues tiene el reloj todo mil ochocientas ruedas. Así fué necesario que (quitando las fiestas) labrase cada día más de tres ruedas sin lo demás, siendo las ruedas diferentes en tamaño y en número y forma de dientes. Mas con ser esta presteza tan maravillosa, espanta más un ingeniosísimo torno que inventó, y lo vemos agora, para labrar ruedas de hierro con la lima al compás y á la igualdad de dientes que fuese menester . . . En tres cosas dice Janelo que tuvo grandísima dificultad esta fábrica: en el movimiento del primer moble, en el movimiento de Mercurio; y en las horas desiguales de la luna. Para vencer estas dificultades y poner en el reloj estos movimientos con toda su certidumbre y diversidades contrarias, dijo que hizo llegar el arte á donde no llega el número y que él lo demostrará, siempre que fuera menester, con toda claridad. Este es un extraño y nunca oído discernir y penetrar adelantando con el entendimiento. Y aunque es gran maravilla esta, en general, en Janelo es mucho mayor por preciarse él tanto . . . de saber aritmética y de entender lo mucho que se puede hacer con el entero conocimiento della.»

Verdaderamente sorprende que un escritor de tanta erudición y de razón tan clara como Morales, haya pretendido rebajar á Arquímedes, al primer geómetra y al sabio de mayor ingenio y profundidad que ha habido en el mundo, declarando que sus portentosos descubrimientos y sus obras, tenidas por maravillas, fueran poca cosa para ponerlas en comparación con el reloj de Juanelo, cuya arrogancia, afirmando que hizo llegar al arte á donde no llega el número, concepto á todas luces oscuro y pretencioso, agotó la benevolencia del mismo Morales, su más decidido y entusiasta admirador.

Nuestro autor, cuya admiración por Arquímedes compartimos plenamente, consideró injustas estas justificaciones de Morales y Turriano. Porque en los pasajes citados del primero parece decirse que los descubrimientos y las obras de Arquímedes no fueron nada en comparación con el reloj que hizo Juanelo, puesto que afirma que el mérito de hacer este reloj supera a todo lo que hizo Arquímedes. Dice que Juanelo había llevado el arte donde no alcanzan los números, porque fue capaz de hacer, con medios mecánicos, engranajes de cualquier número de dientes aunque este número fuera indivisible, contra lo que dice Cordanus en su obra: “De subtilitate” (pp 168 y 171). Se trata de una declaración muy al gusto de la época, un tanto misteriosa pero no oscura y pretenciosa como indica don Luis de la Escosura. Además, dice:

De todos modos, el relato de este escritor prueba que, si sabía lo del relój de Bolonia, no tuvo por conveniente referirlo en las *Antigüedades de España*; y que, si lo ignoraba, sería porque Juanelo tuvo muy buen cuidado de no enterarle de la ocasión y circunstancias en que entró al servicio del Emperador.

Este juicio nos parece demasiado contundente. Morales dice que Juanelo había planeado hacer un reloj más perfecto que todos los anteriores y es de suponer que durante los veinte años que tardó en completarlo lo fuera perfeccionando cada vez más de modo que, finalmente, superó al de Bolonia y era lógico que lo considerase de su propia invención. No queremos entrar en detalles del estudio de nuestro autor sobre si el reloj antiguo que fue entregado al emperador era de Boecius (470-525 dC) o si procedía de París. Todo esto demuestra que sus afirmaciones se basan en una lectura

descuidada del trabajo de Bernardo Sacco “De Italicaruin Rerum Varietate”, Papiæ 1565, que dice expresamente que no se sabe quién hizo el reloj. Sobre la naturaleza de los informes del reloj de Juanelo nuestro autor dice:

El reloj, de unos dos pies de diámetro, era casi esférico, aunque un poco más ancho que alto. Terminaba por la parte superior en forma de cúpula, y sobre ella iba colocada una torre pequeña con la campanilla de las horas y el despertador. La cubierta exterior, de latón dorado, dejaba algunos espacios en claro, por los que se veían los movimientos en su mayor parte. Por el juego de dos ó tres muelles, dice Morales, «anda todo á sus pasos diferentes. Saturno en sus treinta años, y el primer mobile en un día, y el sol en un año, y la luna en un mes, por la Eclíptica, y así estos y los demás en los otros sus propios movimientos. Preguntóle el Emperador qué pensaba escribir en el reloj. El respondió que esto: *Jannelus Turrianus Cremonensis horologiorum architector*. Parando él aquí, añadió S. M. *Facile Princeps*, y así está puesto todo junto. En otra parte donde está el retrato de Juanelo dice: *Qui sin scies si par opus facere conaberis.*» Morales traduce de este modo la sentencia: «Entenderás quien soy, si acometies á hacer otra obra igual desta». Aunque las planchas de latón tienen descubiertos los movimientos de los planetas y otros muchos más encubren todo el movimiento interior de las ruedas. Por esto, hizo otro reloj cuadrado, algo menor que el otro y con menos movimientos y púsole las cubiertas de cristal para que se pareciesen todos los movimientos de todas las ruedas. En este reloj puso una harto ingeniosa y filosófica letra»:

“UT ME FUGIENTEM AGNOSCAM.”

Refiere también Morales que Juanelo inventó un molino de hierro tan pequeño, que se llevaba en la manga y molía dos celemines al día, «pudiendo ser de mucho provecho para un ejército, un cerco y para los que navegan, pues se mueve él solo sin que nadie lo traiga. » No se sabe qué admirar más, si la habilidad con que Juanelo ocultó el resorte, ó la candidez de Morales al examinar el molino.

El pasaje citado por Morales no nos permite determinar si es que no consideraba necesario el resorte propulsor o si es que Juanelo se lo ocultó. Incluso hoy día se dice que los relojes de cuerda o de pesas, o las máquinas que se mueven por sí mismas, son autómatas y no se tilda a quien usa esta expresión de ingenuo o engañado. Nuestro autor continúa:

Cuenta, además, que queriendo Juanelo «renovar, por regocijo, las estatuas antiguas que se movían y que los griegos llaman autómatas, hizo una dama de más de una tercia de alto, que puesta sobre una mesa, danza por toda ella al son de su atambor, que ella misma va tocando, y da sus vueltas tornando á donde partió; y aunque es juguete y cosa de risa, todavía tiene mucho de aquel alto ingenio.» Estrada (*Romani è Sociertate Jesu, De Bello Belgico; decas prima, 1708, pag. 8*) á las maravillas que describe Morales, añade otras, como figurillas de soldados que combatían, de caballos que se encabritaban, de guerreros que tocaban tambores y hacían sonar trompetas, y de pájaros que volaban por la habitación como si estuvieran vivos.

No acertaré á fijar las épocas en que hizo estos juguetes, que tanta admiración causaron á sus contemporáneos, porque en los 27 años que median entre el de 1529, en que examinó el reloj, al tiempo de la coronación en Bolonia, y el de 1556 en que fué al retiro de Yuste con el Emperador, se sabe con certeza que trabajó en los dos relojes, en el grande y en el que llevaba cubierta de cristal; pero no está comprobado si en este tiempo construyó todas, ó solamente algunas de las máquinas mencionadas.

El Emperador vivió dos años escasos en Yuste, y en los ratos que le quedaban libres, después de cumplir los deberes espirituales que se había impuesto y de despachar su correspondencia y los asuntos de Estado, iba al taller de Juanelo, á cuyo cuidado estaban los relojes grandes y los de bolsillo que ya se usaban, y ayudaba á su mecánico en la reparación y construcción de estos instrumentos, cuyas ruedas, según dice Estrada, sujetaba con más facilidad que la de la fortuna.

Algún autor asegura que Juanelo era la primera persona que por la mañana recibía en su dormitorio el Emperador, pero parece preferible la narración de Fr. J. Sigüenza, Prior del Escorial é historiador de la Orden de Jerónimos, según la cual entraba primero el padre Regla para enterarse de cómo había pasado la noche y asistirle en sus oraciones privadas; después el doctor Mathys; y Turriano, el mecánico, se contaba entre las primeras visitas que recibía S. M.

Ignoro también dónde se colocaron los dos relojes después de la muerte del Emperador (1558), y el paradero de los juguetes. El único documento en que se vuelve á hablar de estas obras, es una cédula de 26 de Mayo de 1566, en que el Rey mandó pagar á Juanelo dos mil setecientos cincuenta ducados

por un reloj de cristal que había hecho, partiendo la diferencia entre dos mil quinientos y tres mil ducados, en que fué valuado por diferentes tasadores. El grande es de suponer que lo habría pagado el Emperador.

En el apartado “Pasa Juanelo al servicio del Rey D. Felipe II – Descripción del artificio” D. Luis de la Escosura escribe:

A la muerte del Emperador, el Rey D. Felipe II, que se hallaba en Flandes, invitó á Juanelo á que se quedara á su servicio, con obligación de residir en sus reinos, señalándole doscientos ducados anuales por vía de entretenimiento, que, hasta fin de 1561, le fueron abonados por el Tesorero general Domingo Orbea. Acudió después al Rey suplicándole que le aumentara la pensión, porque no podía sustentarse con ella y era inferior á la que le tenía señalada su padre el Emperador; y el Rey, en atención á sus servicios, á su suficiencia y habilidad, ordenó que desde 1º de Julio de 1562 se duplicase el entretenimiento, que se fijó en cuatrocientos ducados anuales, que montan seiscientos mil maravedises, con obligación de residir en la Corte y de hacer relojes y otras cosas de su profesión. Además se le pagarían todas las obras que hiciese para servicio del Rey, según fuesen estimadas y apreciadas.

En otra cédula, fechada en el Bosque de Segovia (Valsain) á 26 de Mayo de 1563, dió el Rey licencia á Juanelo Turriano “nuestro criado y maestro de hacer relojes y otros artificios”, dice el documento original, para que pudiera quedarse en Madrid ó en Toledo á hacer «ciertas cosas» de su profesión tocantes al servicio del Rey, según lo dejaba ordenado, y mientras iba á celebrar Cortes de la Corona de Aragón. Infiero que estas «ciertas cosas» eran el artificio para subir el agua del Tajo al Alcázar, confrontando la fecha de esta cédula con las que se citan en otra orden de 20 de Octubre de 1570, extractada en la pág. 18, Y según la cual tuvo Juanelo ocupado el molino junto al puente de Alcántara desde 1º de Enero de 1564 á 14 de Mayo de 1566; debiendo añadir ahora que por otra cédula de la misma fecha (20 Octubre de 1570) manda el Rey comprar el molino que Juanelo había elegido y señalado para sentar y plantar el artificio. “Y porque estando, como ya está hecho el dicho ingenio, y habiendo de quedar y permanecer en dicho sitio, habemos acordado de mandar comprar y que se compre para Nos y para servicio de dicho ingenio el dicho molino”.

Es, por consiguiente, claro y terminante, que el Rey le dió licencia á mediados de 1563 para que se quedase en Madrid ó en Toledo; que desde 1º de Enero del año siguiente de 1564 tuvo ocupado el molino; y que en 1570 funcionaba el artificio, que, según declara Juanelo en un poder que otorgó á favor de Juan Antonio Fascole, y del que á su tiempo se hablará, se terminó en 1568.

Juanelo contó á Morales que, hallándose aún en Italia, oyó al Marqués del Vasto dolerse de la escasez de agua que sufrían los toledanos por la dificultad de elevar la del Tajo á la gran altura en que se encuentra la ciudad, asegurándole que desde aquel día había empezado á proyectar el artificio, que sólo al cabo de 38 años pudo ver instalado. Estrada lo confirma hablando de la historia del Emperador en Yuste, pues supone que tomaría parte en el estudio del acueducto de Toledo, en el que constantemente meditaba Turriano y de cuya máquina hace también los mayores elogios.

El Lombardo construyó primero un modelo del aparato, y Morales, que tuvo ocasión de examinarlo, describe de este modo lo que él llama la grandeza y extraña profundidad de la invención. «La suma de ella es enexar ó engoznar unos maderos pequeños en cruz por en medio, y por los extremos, de la manera que en Roberto Valturio está una máquina para levantar un hombre en alto. Estando todo el trecho así encadenado, al moverse los dos primeros maderos junto al río, se mueven los demás hasta el alcázar con gran sosiego y suavidad. Y esto ya parece que estaba hallado por Valturio . . . Mas lo que es todo suyo (de Juanelo), es haber enexado y engoznado en este movimiento de la madera unos cazos largos de latón, cuasi de una braza en largo, con dos Vasos del mismo metal á los cabos, los cuales, subiendo y abaxando con el movimiento de la madera, al baxar el uno va lleno y el otro vacío, y juntándose por el lado ambos, están quedos todo el tiempo que es menester para que el lleno derrame en el vacío . En acabando de hacer esto, el lleno se levanta para baxarse y juntarse con el lleno de atrás, que también se baxa para henchirle . . . Esta es la suma del artificio.»

He suprimido las interminables alabanzas al inventor que en ella intercala Morales, y las repeticiones con que pretende aclarar lo que resultará siempre oscuro y confuso sin el auxilio de un diseño. Yo declaro que, después de haber leído muchas veces la relación de Morales y de haber intentado con el lápiz y el compás trazar la máquina de Juanelo, tuve que rendirme, convencido de que el empeño era superior á mis fuerzas. Los autores que tratan del artificio no deben haber sido más afortunados, porque todos se limitan á copiar ó á extractar la noticia de Morales, sin añadir cosa alguna para aclararla. He buscado un dibujo del artificio, sin éxito alguno, en archivos y bibliotecas; y,

perdida la esperanza de llegar por este camino á ver satisfecha mi curiosidad, me decidí á hojear obras de arquitectura, de mecánica y de arte militar de aquella época, en busca de láminas ó descripciones de algo que pudiera parecerse al artificio, y lo que con diligencia y trabajo no pude conseguir, me lo proporcionó la casualidad, examinando un libro rarísimo que D. Constantino Ardanáz, amigo mío y distinguido y sabio Ingeniero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos, que tantos hombres esclarecidos ha dado á la patria, trajo de Italia cuando volvió de estudiar los célebres riegos del Milanésado y de la Lombardía. El título de la obra es el siguiente:

Le díverse et artificiose Maquine del Capitano Agostino Ramelli dal ponte de La Tresia, Ingeniero del Cristianesimo Re di France et di Pollonia. Nel li quali si contegno varii et industriose Movimenti degni dà grandissima speculatione per cavarne beneficio infinito in ogni sorti d'operatione. Composte en lingua Italiana et Francese, A Parigi in Casa del autore, co privilegios del Re. 1588.

Quiso la casualidad que yo abriese este libro por la lámina correspondiente al cap. XCV, que representa una máquina para elevar agua, en la que inmediatamente reconocí el artificio de Juanelo que describe Morales, descripción que se había grabado de tal manera en mi memoria, que sin necesidad de acudir al texto se aclararon mis dudas y comprendí, como comprenderá inmediatamente el lector, con la simple inspección de la lámina adjunta (figura 554), la ponderada máquina de Toledo.

Dí cuenta de este hallazgo á D. Juan Eugenio Hartzenbusch, y al cabo de algunos días me enseñó un ejemplar en perfecto estado de conservación, que existe en la Biblioteca Nacional, donde podrán disfrutar de los magníficos grabados que contiene los aficionados á combinaciones de movimientos complicados é ingeniosos.

A, en la lámina adjunta (figura 554), representa una rueda hidráulica de paletas movida por la corriente de un río. En el centro de la corona de la rueda hay colocados unos cajones ó vasos, **b, b**, que recogen el agua en el río y la elevan vertiéndola de costado en el receptáculo **R**, exactamente como en los Azudes ó Azudas, que todavía se ven en el Genil, Guadalquivir y otros ríos de España y que en las huertas de Orihuela y Murcia llaman Noras.

En el eje de la rueda hidráulica van colocadas dos ruedas dentadas, **G** y **H**, que giran naturalmente en el mismo sentido que la rueda motriz, pero que alternativamente, porque á la vez sería imposible estando ajustadas en el mismo eje, engranan con la linterna **I**. Estas ruedas, por consiguiente, no tienen dientes en toda su corona, sino en uno de sus cuatro cuadrantes, y en cada uno de ellos es distinto; es decir, que si se numeran los cuadrantes, y la **G**, por ejemplo, lleva dientes en el primero, la **H** los lleva en el tercero, con el fin de que, girando sin cesar las dos con el eje de la rueda motriz, los dientes de **G**, engranando en los husillos de la linterna **I**, la obliguen á girar hacia la izquierda (del que mira de frente á la lámina) todo el tiempo que empleen las ruedas en la revolución de los primeros cuadrantes; mientras pasan los segundos, en los que no hay dientes ni de **G** ni de **H**, la linterna estará inmóvil; pero al llegar á los terceros aparecen los dientes de **H**, que hacen girar á la linterna **I** á la derecha, que estará otra vez inmóvil mientras pasen los cuartos cuadrantes, en que tampoco hay dientes. De este modo se consigue comunicar á la linterna un movimiento giratorio alternativo á derecha é izquierda, con paradas también alternativas, sin que cese el movimiento de la rueda motriz ó hidráulica.

La linterna **I** gira con su eje vertical, que se prolonga hacia arriba para recibir otra linterna, **L**, en la que se repiten los movimientos y paradas de la linterna inferior **I**.

La **L** transmite sus movimientos á dos trozos de ruedas dentadas, **E, V**, cada una de las cuales lleva su eje independiente, y los dientes, á diferencia de lo explicado para las inferiores, están los de una rueda enfrente de los de la otra, para que, cuando la linterna **L** gire de derecha á izquierda, ó viceversa, engranen á un tiempo las dos ruedas, **E** y **V**, en sus husillos, y comuniquen á la vez movimiento á los tirantes de hierro, ascendentes, **P** y **F**, de avance al uno y de retroceso al otro, porque las dos ruedas **E** y **V**, engranando á la vez en la linterna, tienen forzosamente que girar en sentidos opuestos. Como á los tirantes van unidos, en dos filas paralelas, los brazos **M, M...** y **O, O...** y sobre ellos sujetas las canales y cajas **K, B**, se logra que estas suban y bajen alternativamente, vertiendo las **M, M...** el agua, que recibieron en la oscilación anterior, en las **O, O...** y tomando agua la **D** en el recipiente cuando la máquina se halla en el período de movimiento que indica la lámina, es decir, cuando el tirante **F** ha avanzado y el **P** retrocedido.

A este movimiento sigue una parada por la dependencia en que están los tirantes de hierro con los movimientos y paradas de la linterna **I**. Durante ella, los vasos **M, M...** se desaguan y llenan las cajas de los **O, O...** Terminada la pausa, las linternas **I** y **L** giran á la izquierda, y la última en su movimiento

arrastra á la rueda **V**, que hace avanzar al tirante **P** para que los vasos **M,M...** , ya vacíos, vengan á colocarse en posición de recibir (en una posición semejante á la que tienen en el dibujo los **O,O ...**) y también á la rueda **E**, que hace retroceder al tirante **F**, para que los vasos **O,O...** se levanten y viertan en los **M,M...** durante una pausa en que pasan cuadrantes de las ruedas **G** y **H**, que no están dentados.

En la lámina de Ramelli, las canales **K, B**, están representados en una posición inclinada fuera de los planos verticales, correspondientes á los maderos **N, S**; pero en esta forma, al bajar **K**, por ejemplo, para recibir el agua de **D**, la caja quedaría muy apartada de esta última; y con el fin de que el lector pueda fijarse en la verdadera posición de estas cajas, he trazado el croquis adjunto (fig. 556), en el que se representan en proyección horizontal sobre los dos maderos, y en el que se demuestra que se juntan por el lado ambos, como dice el cronista.

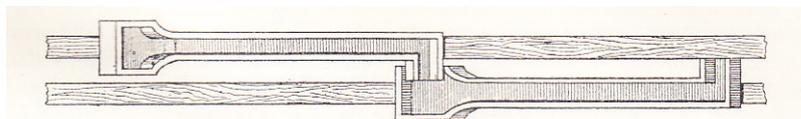


Fig. 556.

Si el lector, en vez de las cajas y canales **K, B**, coloca mentalmente vasos y tubos de latón sobre las palancas **M,M...O,O...** , observará que se realizan, con la máquina descrita, los movimientos, pausas y elevación del agua en la misma forma que describe Morales el artificio de Juanelo.

En éste había también su rueda hidráulica, aunque no la mencione el cronista en la descripción que él titula *La manera del acueducto*; pero á esta sigue la exposición de *dos cosas de extraña maravilla*, que no son más que consecuencias de los movimientos explicados, y viene lo que llama *comparación*, en la que se explica de este modo: “Las particularidades de grande maravilla que hay en el artificio son muchas; mas dos ponen mayor espanto que todas las otras. La una es templar los movimientos diversos, con tal medida y proporción, que estén concordados unos con otros y sujetos al primero de la rueda que se mueve con el agua del río, como en la más baja arteria del pie humano y en la más alta de la cabeza se guarda una perpétua uniformidad y correspondencia . . .” La otra particularidad de grande maravilla, de que habla Morales, es que sin cesar el movimiento de la madera (de la rueda del río y de las dentadas) se paren los caños el tiempo necesario para henchirse los unos y vaciarse los otros: lo cual no le hubiera parecido sorprendente ni pasmoso si se hubiera fijado algo más en los movimientos de las ruedas y de las linternas que él llama madera.

En la rueda hidráulica del artificio no había los cajones **b, b ...** de la lámina del Libro de Ramelli, que se ha explicado, porque en otro párrafo separado, que titula *Particularidades maravillosas del Acueducto*, dice que la forma de la cadena y arcaduzes de cobre con que al principio se toma el agua del río, es también invención propia de Juanelo, y tiene mucha novedad y facilidad en el movimiento, como se parece en las anorias semejantes que Juanelo ha hecho después en Madrid. La figura 557 copiada de la obra manuscrita de Juanelo, representa una de las Anorias de Madrid.

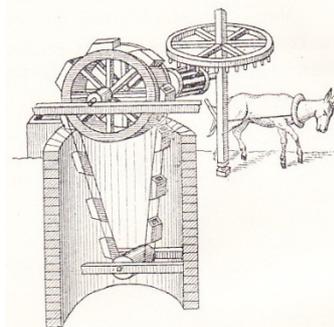


Fig. 557.

Existe en la Biblioteca nacional una obra manuscrita, titulada *Los Veinte y un libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo*, los cuales mandó escribir y demostrar el católico Rey D. Felipe II, Rey de las Españas y Nuevo Mundo. Dedicados al Serenísimo Sr. D. Juan de Austria, hijo del católico Rey D. Felipe IV, Rey de las Españas. La dedicatoria no puede ser de Juanelo, que murió mucho antes de que naciera el Príncipe, lo cual, unido á los claros que se advierten en la obra y á algunos pasajes ininteligibles, han hecho sospechar que los manuscritos de la Biblioteca Nacional no sean el original, sino una copia de la que escribió Juanelo. Llaguno y Cean Bermúdez, en sus *Noticias de los Arquitectos y de la Arquitectura de España*, insertan en el t. II, pág. 250, un informe escrito por Don Benito Bails, en el que examina, por separado, cada uno de los cinco tomos de que consta la obra de Juanelo. Comprende el primero tres libros, en los que se trata de cuanto pertenece á buscar, probar y conducir el agua, con un tratado de nivelación y más de cuarenta recetas de betunes para enchufar los caños. En el segundo tomo, dividido en cinco libros, se explican los acueductos, minas para alumbramientos de aguas, acequias de riego, canales de navegación, obras para hacer los ríos navegables, conducciones de aguas, desecamientos ó drenajes, construcción de pesqueras ó viveros de pescados, de diques y presas, cisternas y aljibes y baños de agua fría y caliente. El tomo tercero contiene tres libros, que abrazan la

construcción de los molinos de granos y de aceites, los batanes, fabricación del almidón, ingenios de azúcar, de bruñir armas, de lavar lanas y de paños teñidos, fabricación del alumbre y de la sal, y varios modos de sacar agua, levantándola á cierta altura, entre los cuales ni existe la descripción del artificio, ni se hace mención de Toledo ni del río Tajo. El tomo cuarto está dividido en cinco libros, en que se trata de los medios de pasar los ríos, como son las barcas, balsas, puentes de madera, de piedra, de barcas, y con este motivo trata extensamente de la madera, de la piedra y de las fabricaciones del ladrillo, la teja, la cal y el yeso; y por último, describe un puente quebrado, de su invención, para ríos en que han de pasar naves de gran arboladura. Los tres libros del quinto y último tomo, contienen las Obras marítimas, los relojes de agua y los riegos. Bails califica este tomo del más pobre entre los cinco. Opina que la obra está escrita con poco método, y del estilo dice que, además de su estupenda pesadez y cansabilísimas repeticiones, es bárbaro en casi toda ella.

Contrasta con esto la descripción del carácter de Juanelo que hace más adelante Esteban Garibay en que se dice que nunca habló bien la lengua castellana y que era de pobre vocabulario. Don Luis de la Escosura sigue:

La única novedad que en ella se advierte es, que en el fondo del pozo (fig. 557) ha colocado un rodillo para guiar las cadenas, como si se hubiera propuesto Juanelo aumentar, sin necesidad alguna, el rozamiento en el aparato. La cadena de cobre, cuya construcción no puede averiguarse por el dibujo, es un verdadero perfeccionamiento en reemplazo de las maromas de esparto, y la forma de los arcaduces, mucho mejor para verter de costado que la de los cangilones de barro de las norias comunes; . . .

En las estaciones de bombeo de Agricola en su trabajo "De re metallica" ya figuran estas llamadas innovaciones. Nuestro autor continúa:

. . . pero el rodillo inferior no pudo tener aplicación en Toledo, porque la cadena iba ajustada á la circunferencia de la rueda hidráulica.

Si ese fuera el caso, la cadena tendría que ir alrededor del borde de la rueda de agua y pasar por debajo de un rodillo. Los vasos llenos tendrían que verter ya en un punto en que la cadena no estaría tensa, lo que hubiera dado lugar a irregularidades en el trasvase y derrames. En los pasajes de Morales citados no se dan razones para creer que Juanelo hubiera dispuesto el conjunto de los vasos de una forma tan imperfecta. Don Luis de la Escosura sigue:

Pero todavía, después de reemplazar los canales con tubos y vasos de latón y los cajones de la rueda hidráulica de Ramelli con la cadena y arcaduces de cobre, queda por explicar *lo de los maderos pequeños en cruz enejados ó engoznados por en medio y por los extremos, á la manera que en Roberto Valturio está una máquina para levantar un hombre en alto*, con cuyas palabras empieza Morales la descripción del Artificio.

En la obra de Valturio De Re militari. Lib. X, pág. 259. Paris, 1534 (la primera edición es de 1472, se tradujo al francés en 1555 y el autor vivía aún al final del siglo XV), se representa una escala (Fig 558) compuesta de maderillos enejados en cruz por en medio y por los extremos, cuya invención no puede atribuirse á Valturio, porque en la obra de Vegecio, anterior en más de mil años á la de Valturio, no sólo se encuentra la escala, si no un guerrero subiendo por ella, como puede verse en la figura 559.

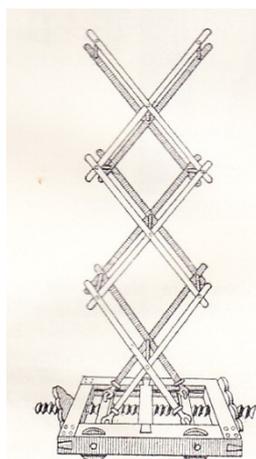


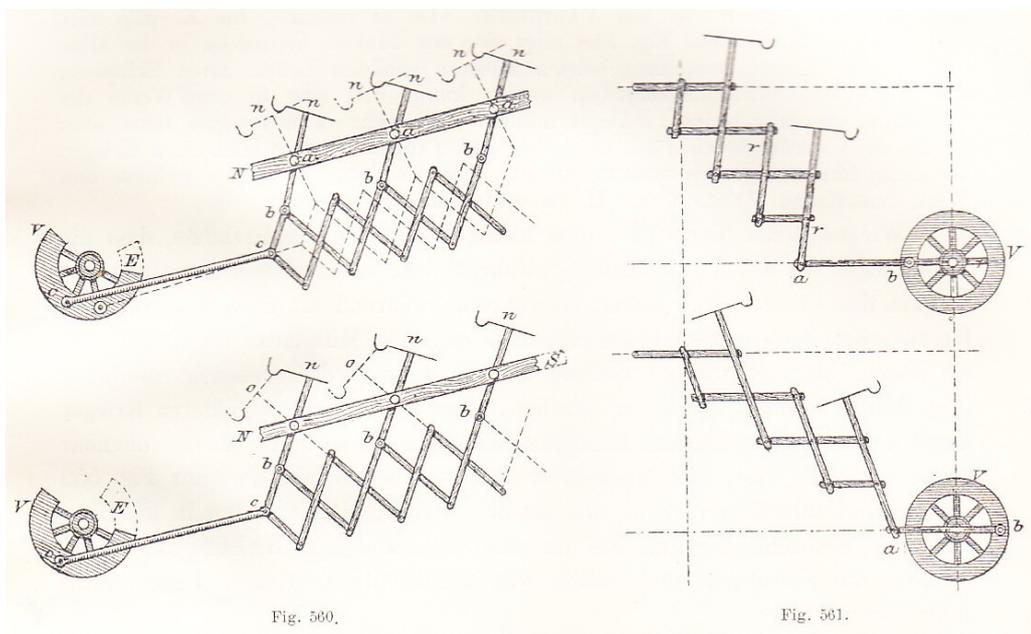
Fig. 558.



Fig. 559.

Nos encontramos aquí de nuevo con el frecuente error en las ediciones del siglo XVI de la obra de Vegecio de que lo editores añaden a los dibujos originales figuras de aparatos de la edad media como si aquel los pudiera haber conocido. En la figura 559 se puede reconocer que los figurantes no son guerreros romanos sino mercenarios modernos, entre los que uno de ellos está cargando un fusil. La figura 558 es una escalera desplegable para subir sin apoyos y la de la 559 es para enganchar en una muralla, como indica Morales. Nuestro autor continúa:

De qué manera aplicó Juanelo esta escala de maderillos al Artificio es lo que no puede inferirse de la descripción de Morales. Sólo penetrando en el terreno de las conjeturas será posible completar la máquina con arreglo á esa descripción, fijando el objeto y la situación de la escala. Afortunadamente, la rueda motriz con sus arcaduces, los engranajes de ruedas y linternas, y los movimientos y pausas de los tubos con sus vasos, que es lo esencial, queda aclarado.



La escala de maderillos, en mi opinión, servía de tirante ó biela, como ahora se dice, para la trasmisión del movimiento á los tubos de latón y á los cazos, reemplazando á los tirantes de hierro **P** y **F** de la lámina de Ramelli. Lo más sencillo, y tal vez lo más probable, sería suponer que la escala de maderillos, colocada en la situación que se representa en la figura 560 sirviera de tirante para dar á los tubos de latón los movimientos de subida y bajada por medio de la rueda que se ha marcado con la letra **V**, para indicar que funcionaría como la que con la misma letra se figura en el aparato de Ramelli para mover las canales **M, M...** Naturalmente, otra rueda igual y paralela á la anterior y de la que en la figura 560 sólo se ve el trozo **E**, porque lo restante lo tapa la rueda **V**, sería indispensable para la otra serie ó fila de canales. De los dos dibujos que comprende la figura 560, el superior representa un solo tirante en las dos posiciones extremas del movimiento que recibe de la rueda **V**; en la más avanzada, el tirante, los tubos y cazos están representados con líneas de puntos, y no se ve más que la rueda **V** y el madero **N**. Esta posición corresponde al período en que los vasos reciben agua de los de la fila opuesta. La posición extrema de retroceso del tirante con los caños y vasos se ha figurado con líneas llenas. En ambos casos los brazos que sostienen los tubos y los cazos, giran en los muñones **a, a, a...** que no cambian de posición, según se ve en el aparato de Ramelli (fig. 560) y en los puntos de unión de los brazos con los tirantes se suponen articulaciones marcadas por las letras **b, b, b...**

En el dibujo inferior se representan con líneas de puntos la rueda **E**, el madero **S** y los tubos **o, o, o...** recibiendo agua de los caños **n, n, n...** que con su tirante, rueda **V** y madero **N** se figuran con líneas llenas. En los movimientos de avance y retroceso, los rombos que forman el tirante ni se alargan ni se acortan; es decir, que las longitudes de sus diagonales permanecen invariables.

Si en vez de suponer que la escala de Valturio funcionó como tirante rígido, según queda expuesto, se pretende que se utilizó como un tirante compuesto de palancas articuladas, serían innecesarios los maderos **N**, **S**. En la figura 562, he representado las posiciones extremas que tomaría el tirante, compuesto de palancas articuladas. En el dibujo superior de la figura se supone que los cazos ó vasos están recibiendo agua, y en el inferior que se están desaguardo; pero es muy difícil, si no imposible, representar á la vez la fila de los caños que reciben y la de los que se desaguardo. Yo confieso que no he acertado á combinar estos movimientos, porque al gira las ruedas **V**, **E**, de la fig. 560 los maderos en que van sujetos los canales que reciben y vacían el agua alternativamente, giran en ejes ó muñones que tienen una posición invariable, y en el caso de la fig. 561 estos ejes ó muñones **r**, **r**, cambian de posición, es decir, que avanzan y retroceden al abrirse ó cerrarse el sistema de palancas articuladas.

De aquí resulta que la distancia entre dos caños consecutivos se alarga en movimiento de retroceso (dibujo inferior), porque los rombos formados por los maderillos se estiran según la dirección general del tirante; y en el de avance (dibujo superior) se acorta la distancia, porque los rombos se extienden perpendicularmente al eje del tirante.

Si la escala hubiese funcionado, lo que no es creíble, como tirante de palancas articuladas, los maderos **N** y **S** no figurarían en la máquina, y el tirante iría unido al gran murallón que desde el río se elevaba al Alcázar, y cuyos restos, conservados hasta hace algunos años, se representan en la figura 562.

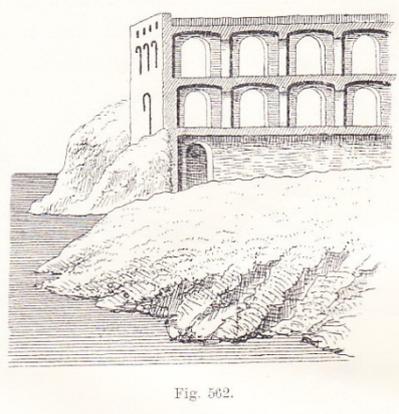
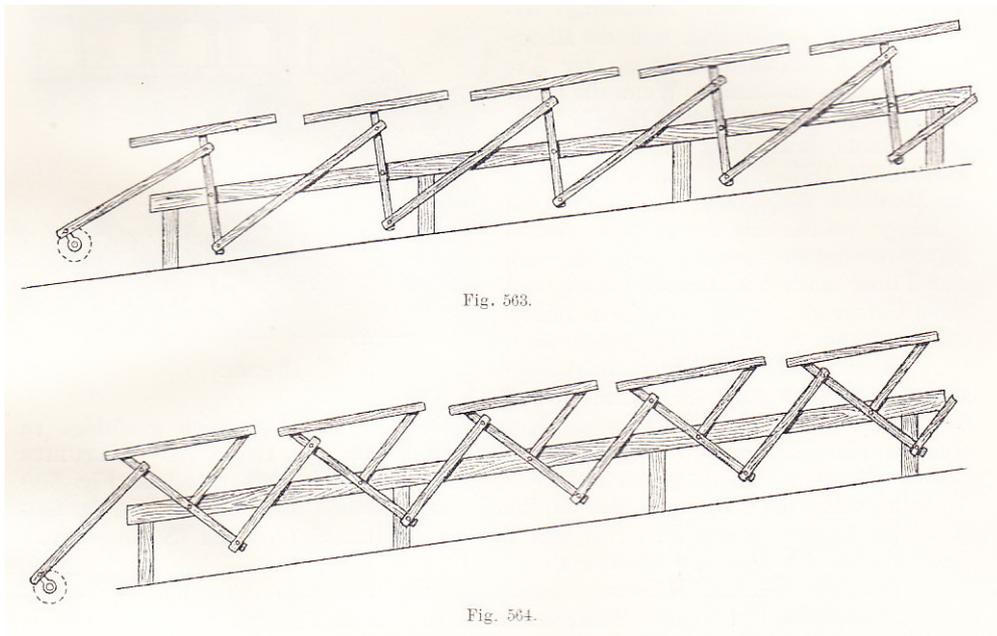


Fig. 562.

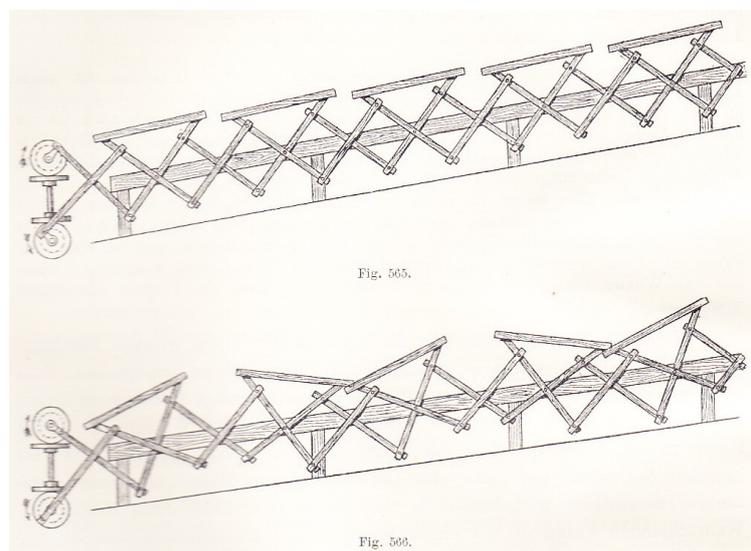
Por las dificultades expuestas con que he tropezado, y por la oscuridad con que Morales describe el Artificio, me veo precisado á declarar que la única solución, á mi parecer, para aplicar la escala de Valturio á la máquina de Juanelo, es la representada en la figura 560, en la cual los maderos que sostienen los tubos y cazos giran en apoyos fijos, **a,a,a**, abiertos en los largueros **N**, **S**, como en la máquina de Ramelli (fig. 554)

El tirante del artificio, compuesto de maderillos, es un órgano perfecto, muy superior á las barras de hierro y argollas de Ramelli, que en los cambios tan frecuentes del movimiento de la máquina producirían necesariamente choques y trepidaciones que abreviarían su duración.

Sin embargo, hay que considerar que, en una transmisión como la que supone nuestro autor, el movimiento de cada uno de los balancines sería menor que el del anterior y que a partir de ello, con cada transmisión de movimiento a lo largo de una distancia tan larga como es la del Tajo hasta el Alcázar, resultarían importantes diferencias de movimiento y unas dificultades que no deben subestimarse. También es cierto que la idea de evitar empujes mediante un sistema continuo de maderillos estaría en el siglo XVI muy lejos de la mente de los ingenieros de lo que quizás hoy pudiera estarlo. Nos parece que Don Luis de la Escosura sostiene con demasiada firmeza la idea de que la escala de Valturio representa una imagen, en tanto que las palabras de Morales: "en la forma en la que se encuentra en Robertus Valturius una máquina para elevar a un hombre a las alturas" señala que él entendió la escala de Valturio como un mecanismo de movimiento que tenía similitud con el de Juanelo. Se trata del mecanismo que solemos llamar "tijeras de Nuremberg". Pero esta similitud puede haber sido sólo exterior, ya que Morales, el Cronista del Rey, ha de incluirse, en lo que a artificios mecánicos se refiere, entre los aficionados que juzgan más bien según la apariencia de las cosas y no según su esencia. Si del tratamiento objetivo y preciso de la tarea en cuestión resultase naturalmente un mecanismo que tuviese una gran similitud, no sólo exterior, con las tijeras de Nuremberg, entonces podríamos suponer, según nuestra opinión, que sería el de Juanelo, de cuyo claro entendimiento y de cuya escrupulosidad no queda duda alguna según las declaraciones de sus contemporáneos.



Al observar el grabado de Ramelli, se nos plantea la cuestión siguiente: ¿Por qué Ramelli formó dos filas de caños oscilantes y las desplazó mediante dos transmisiones en paralelo? ¿No es más evidente la idea de formar sólo una fila con los canalones y transmitir el movimiento del primero al segundo, del segundo al tercero, etc., de manera que la dirección del movimiento se invirtiese mediante cada una de estas transmisiones? Para conseguirlo, primeramente habría que unir mediante un pivote el punto inferior de cada balancín, en la posición intermedia en sentido vertical respecto al terreno, con un punto del siguiente balancín situado a igual distancia, con lo cual se crearía el mecanismo representado en la fig. 563. Pero en éste, salta a la vista el error de que los maderillos situados en la posición intermedia no están en ángulo recto respecto a los balancines, tal como exige la regla de construcción para el artificio. Sin embargo, esta regla se podría cumplir si se dispusiesen los balancines en la posición intermedia inclinados 45° contra el terreno. En ese caso, si se quiere unir la transmisión con el balancín de manera que su punto central en la posición intermedia se mantenga en sentido vertical mediante el pivote, habrá que colocar un segundo maderillo de apoyo, con lo cual el mecanismo tomaría la forma representada en la fig. 564. Observado desde un punto de vista puramente cinético, sería suficiente. Pero como los pernos de bisagra ganan algo de juego debido al desgaste durante el trabajo y como los maderillos tiran y empujan alternativamente, se produce con cada cambio en la dirección de movimiento de cada bisagra cierta pérdida de tiempo y una pequeña holgura; debido al gran número de transmisiones estos innumerables pequeños errores llegan a sumar una gran cantidad de ellos.



Si el mecanismo ha de funcionar con suavidad, tal como se le reconoce al artificio de Juanelo, habrá que tomar precauciones para que cada maderillo de la transmisión trabaje únicamente a tracción. Por eso, el sistema de maderillos debe tirar de los balancines sólo en una dirección y se tiene que encajar un segundo sistema, simétrico con el primero, para que asuma la tracción de los balancines en la dirección opuesta. A partir de lo anterior, se explica también por qué Morales dice que, de los maderillos unidos en cruz, los dos primeros se mueven en el río. De esta manera, resulta el mecanismo representado en la fig. 565. Si se ha tenido la precaución de ajustar la capa antifricción en los extremos de las varillas de manera que se aproximen unas a otras, se podrá regular la longitud de las varillas para evitar cualquier pérdida de tiempos en los soportes de las varillas. Este mecanismo es completamente similar en su posición intermedia a "las tijeras de Nuremberg". Si bien la similitud disminuye con el alejamiento desde esa posición intermedia y está muy afectada en la posición extrema, fig. 567, creemos que debemos suponer, no obstante, después de sopesar todas las circunstancias, que este ha sido el mecanismo del "artificio" de Juanelo. Su sujeción a una superficie lateral de un sólido muro sería muy práctica, y la idea de sujetar una segunda máquina de la misma clase a otra superficie lateral del muro habría sido muy comprensible. Don Luis de la Escosura continúa:

Debo confesar que no comprendo la necesidad de dos vasos en cada caño, de que Morales habla con repetición. Entiendo que llenándose siempre todos ellos, lo mismo los de una fila que los de la otra, por los extremos más próximos al río, bastaría con uno, pudiendo el tubo, por el lado opuesto, descargar directamente en el vaso del inmediato de la otra fila, como en el aparato de Ramelli.

Morales ni define ni da siquiera idea de la forma de los vasos, que el vulgo dió en llamar cazos y cucharas; pero, hablando de las particularidades maravillosas del Acueducto, dice que una de ellas "es la forma de los vasos, acomodada con un estraño talle, para dar y recibir sin que se vierta una gota . . ."

Si se considera que los vasos de recogida tienen que tener una gran capacidad de llenado para permitir un importante caudal, pero que con la altura de estos vasos aumenta tanto la necesaria amplitud de oscilación como también la pérdida de energía al derramarse el agua de un canalón en el vaso del siguiente, se llega a la necesidad lógica de dar a los vasos menor altura y mayores dimensiones horizontales, es decir, construirlo con forma de cazos o cucharas. Es probable que estuviesen cubiertos en su mayor parte con una tapa fija, que tendría sólo una abertura lo suficientemente grande como para verter el agua que se demostrase necesaria. Para no tener que elevar los vasos de alimentación más de lo necesario y evitar así en lo posible la pérdida de energía condicionada por ello, habría que tener la precaución de que el agua procedente de los vasos que se elevaban pudiese fluir lo más pronto posible hacia el extremo de los caños que bajaban, mientras que la descarga en el vaso de alimentación de los caños siguientes sólo se debía producir, para evitar el derrame y una caída innecesariamente alta durante el vertido de un vaso en otro, sólo cuando el extremo que bajaba estaba próximo a su punto más bajo. En particular, había que procurar que el agua se pudiese repartir, en la posición horizontal de los caños, de forma simétrica por ambos lados de las verticales mediante un eje giratorio, de manera que no se elevara más durante el movimiento posterior en la misma dirección. Por eso, un ingeniero preocupado por el buen rendimiento del aparato colocaría también en el extremo de vertido de los caños un vaso en forma de cazo, en el cual se recogería el agua y se podría apoyar el movimiento posterior hasta que, cerca de su posición más baja, justo por encima del siguiente vaso de vertido, probablemente sólo después de que se hubiese abierto una válvula mediante empuje, se vertería en él. Nuestro autor sigue diciendo:

Juanelo dió prueba evidente de su gran ingenio poniendo en marcha un aparato tan complicado como el Artificio, en el que se emplearon 200 carros de madera «harto delgadita» y 500 quintales de latón, porque no teniendo más que una braza de largo cada uno de los tubos y distando el Alcazar 600 metros del río, no bajarían de 400 los tubos que á la vez estarían en movimiento; y á esto, que debía ofrecer dificultades inmensas, se agregaba que no pudo marchar en línea recta, sino que los tubos, según cuenta Morales, «iban dando vueltas y traveses y ángulos y rincones, y fué menester nuevo artificio para continuar y proporcionar allí el movimiento.»

No es extraño, pues, que causara gran admiración entre sus contemporáneos, más allá que el invento, la instalación de una máquina con la que logró Juanelo subir el agua del río á cerca de 90 metros de altura.

El resultado que dió el Artificio, económicamente considerado, no corresponde á los elogios que se tributaron al autor, porque al día no elevaba más que cuatrocientas cargas de agua, equivalentes á mil seiscientos cántaros, ó sean 162 hectólitros en 24 horas, que representan cinco reales fontaneros: exigua dotación á la que alcanza, en el Estío, la fuente de cualquier aldea.

Juanelo se había obligado por escritura pública, otorgada en 1565, á dar á la Ciudad de Toledo cierta porción de agua permanente que manase junto al Alcázar, y de allí se pudiese llevar á toda la Ciudad; y ésta á dar á Juanelo ocho mil ducados de oro por una vez, pagados quince días después que el agua corriese en el Alcázar, y además mil novecientos ducados anuales perpétuamente por las costas, cuidados y reparos que había de hacer para la conservación de la máquina. Y, creyéndose la Ciudad agraviada enormemente con el contrato, se resistió á cumplirle por su parte, y el Rey, en cédula de 12 de Diciembre de 1573, cinco años después de haber empezado á funcionar el Artificio, mandó que Toledo nombrase un sujeto con poder bastante para tratar y finalizar este negocio con Juanelo. Nombró la Ciudad en 29 de Octubre de 1574 á su regidor Luis Gaytán de Ayala; y Turriano, por hallarse enfermo en cama, á su amigo Juan Antonio Fassole, en 14 de Diciembre del mismo año. Quiso también Su Majestad presentarse interesado, pues había adelantado á Juanelo ocho millones cuatrocientos mil setecientos sesenta y nueve maravedis, y porque el Alcázar disfrutaba de la mayor parte del agua; para ello, nombró al licenciado Juan Díaz de Fuentemayor, de su Consejo y Cámara. En este estado mandó pasar el expediente á la Junta de Obras y Bosques, en la que se convinieron los tres apoderados, con fecha 20 de Mayo de 1575, en lo que sigue:

1.º Que Juanelo desista del contrato que hizo con la Ciudad, y S. M., atento á que el agua que subía por el Ingenio había servido y servía para el Alcázar, la tomaba para sí, dando á Juanelo por libre de ocho millones cuatrocientos mil setecientos sesenta y nueve maravedises que para hacerle se le habían ido dando de la Real Hacienda.

2.º Que quedase para S. M. el agua que subía por el Ingenio, que entre día y noche serían mil seiscientos cántaros de á cuatro azumbres, obligándose Juanelo á hacer buena esta cantidad sin mengua ni falta.

3.º Que considerando había seis años que Juanelo acabó su primer Ingenio, de que se había aprovechado el Alcázar, dando Juanelo en adelante la que fuese menester, se aprovechase de la demás para hacer el segundo Ingenio, que tenía comenzado y que se proponía que se acabaría en cinco años.

4.º Que á costa de S. M. hiciese Juanelo de modo que subiese el agua, y se pudiese repartir en el Alcázar seis ú ocho pies más alto que el piso del patio.

5.º Que se obligue á hacer en cinco años el segundo Ingenio, suministrando S.M. los caudales que, según se presumía, ascenderían para concluirle á ocho ó diez mil ducados, quedando á beneficio de Juanelo el agua que subiese.

6.º Que se le diesen gratis los suelos en que se plantó el primer Ingenio y se plantase el segundo.

7.º Que la Ciudad diese á Juanelo seis mil ducados por una vez, ó el censo que en ellos se montase, á razón de catorce mil al millar, como quiera de no seguirsele otra utilidad que la de servir á S. M., respecto que el agua quedaba á beneficio de Juanelo. El Rey aprobó este contrato por cédula del día siguiente, 21 Marzo de 1575. Reg. 4.º de Obras y Bosques, fól. 168.

...

Tal vez algún vecino afortunado sacaría agua del Alcázar para su consumo; pero en la Ciudad no han quedado restos de cañerías ni fuentes que denuncien la distribución del agua que se subía del Tajo.

A pesar de esto, la máquina entusiasmó de tal manera á todos los que tuvieron ocasión de verla, que se pensó en poner la estatua del autor en el Artificio, y para ello, Juanelo hizo escribir esta inscripción:

Virtus numquam quiescit

que traduce Morales de este modo: «La fuerza de un grande ingenio nunca puede sosegar»; y admirado del modelo y de la obra del Acueducto, de la estatua y de su gentil mote, envió á Juanelo un epigrama y dedicatoria en latín, en que le pone por las nubes, diciéndole que dominó con el arte á la naturaleza, y que, subyugando al Tajo, le hizo subir á la proximidad de las estrellas.

No se ha encontrado la estatua; pero en el Museo Provincial de Toledo se guarda el busto de Juanelo, en mármol blanco, debido al cincel de Berruguete, con la inscripción:

Janellus: Turrian: Cremon: Horolog: Architect.

del que se ha sacado la fotografía que va al frente de la portada, y en el Museo Arqueológico de Madrid una medalla en bronce que lleva en el anverso el retrato de Juanelo con la misma inscripción del busto de Berruguete, y en el reverso la conocida alegoría de la Fuente de la Sabiduría, y la leyenda

Virtus numq. deficit.

En el Monasterio del Escorial, encima de la puerta de una de las celdas, está colgado el retrato de Juanelo, de medio cuerpo, pintado al óleo, y al pie se lee la inscripción anterior, colocadas en orden diferente las palabras

Numquam deficit Virtus.

Madrid también ha consagrado un recuerdo á la memoria del ingenioso autor del Artificio, dando su nombre á una de las calles de la capital; y en Toledo se llama todavía á la calle en que murió «De la Estatua ú Hombre de Palo», porque en ella hacía andar un autómatas de madera.

Los vecinos de Toledo, durante el tiempo en que funcionó el Artificio, se surtieron, como de costumbre, con el agua del río subida en caballerías y así lo confirman los escritores de aquel tiempo.

Nuestro autor hace referencia a un pasaje de la novela de Cervantes “La ilustre fregona”, y luego continua:

Quando yo estuve en Toledo, en 1861, el número de habitantes era muy inferior al que alcanzó en tiempo de Cervantes, y se empleaban, sin embargo, en surtir al vecindario, doscientas treinta caballerías, sin contar las destinadas al servicio de la Beneficencia y al Colegio Militar, y entre todas, según mi cuenta, subirán siete ú ocho veces tanta agua como la que elevaba el Artificio.

En otro libro, escrito en aquella época y que acaba de publicar la Sociedad de Bibliófilos, con el título de “*El Pelegrino curioso y Grandezas de España*”, por Bartholomé de Villalba y Estaña, Madrid, 1886, se describe el Artificio casi en los mismos términos que empleó Morales en las *Antigüedades de las Ciudades de España*; y, aunque parece innecesario repetirlo, con el fin, sin embargo, de no omitir nada referente al asunto de esta noticia y de que no se me acuse de ocultar las alabanzas que prodigaron á Juanelo sus contemporáneos, que se pagaban mucho de lo exterior, rindiendo mayor tributo al triunfo de la dificultad que al efecto de la máquina, dejaré hablar al *Pelegrino*, que, visitando los templos y monumentos antiguos de Toledo, cuenta que «dió en el Artificio del agua que sube al Alcázar, que es la mayor maravilla de las que hoy se ven en lo poblado, tanta, que digo que es una de las que merecen ponerse entre las maravillas del mundo, y de muchas leguas merece que se vaya á ver, porque por cosa imposible había un refrán en Castilla, que decía «Es esto como subir agua á Zocodover»; y así como veía el *Pelegrino* efectuado, iba notando aquel modo de enxar ó engoznar un cazo con otro, los cuales son de bronce hechos, con una vuelta como unos cucharones, que desde abajo al río, donde el Artificio está, que es el primer móvil de toda esta máquina, que pocos ó ninguno la han visto, van subiendo y el caño que la recibe está hecho de tal artificio, y asentado sobre tales ruedas, que la misma agua le hace mover Es artificiosa cosa, porque el concierto y compás de los caños no discrepa jamás, y son todos machos y hembras, que el mismo que da recibe, y con tanto tiento, que sube el agua sin perderse, al Real Alcázar, donde tantos ingenios se han agotado y tantas personas perdido. Así, merece, por cierto, Juanelo eterna fama por haber hecho esta obra». Y mientras el *Pelegrino* alababa y eternizaba en su memoria á este célebre varón, se le acercó un anciano de aspecto venerable, que ensalzó primero el Artificio y después los templos, edificios, opulencia, nobleza, y cuanto había que admirar en Toledo, incluso un Arcediano, que por estar sosegado se comía treinta mil ducados de renta y una inquisición suntuosa. El *Pelegrino* convino en todo, pero observó que al lado de estas excelencias había cuestas en Toledo, *faltaba el agua y sobraban aguadores*; lo cual confirma también que todo el tiempo que duró el Artificio, los aguadores continuaron surtiendo á la Ciudad con sus caballerías. Otros autores hablan del Artificio, elogiándole y calificándole de obra maravillosa: sólo Quevedo, en el *Itinerario de Madrid á su Torre de Juan Abad*, trata con poca consideración á Juanelo. Contando que pasó por Toledo se le ocurre escribir:

Vi el Artificio espetera,
Pues en tantos cazos pudo
Mecer el agua Juanelo
Como si fuera en columpios.

Flamenco dicen que fué
y sorbedor de lo puro;
Muy mal con el agua estaba
Que en tal trabajo la puso.

Hizo flamenco á Juanelo para llamarle luego bebedor, sin que ningún antecedente justifique semejante injuria, dirigida á un insigne matemático que el Emperador, su hijo el Rey D. Felipe II, y todos sus contemporáneos respetaron y honraron como merecían sus vastos conocimientos y su clarísimo ingenio. El maestro Valdivieso dedica estos versos al Artificio:

Del Lombardo Janelo atento mira
El artificio que por sí se mueve
Como reloj que con sus ruedas tira
De cadena que el agua clara bebe
Que en brazos sube y al subir se admira
Porque al Alcázar á llegar se atreve,
y apenas los umbrales regios toca
Cuando ser se promete de la boca.

Ni los versos, ni lo que dice del Artificio, merecían especial mención; pero demuestran el aprecio y respeto con que Juanelo, aun después de muerto, fué tratado por todos los que escribieron de Toledo.

Luis Quiñones de Benavente, natural de Toledo, en el entremés titulado *El Mago*, puso en escena el Artificio: Todos cantando en ala, cada uno con una cuchara de hoja de lata, van subiendo y bajando los brazos, como que echan agua:

TODOS El agua viene recia
Donde el rodezno anda,
La máquina se mueve
De bombas y cucharas;
Las unas van subiendo
Cuando las otras bajan:
Desde el profundo abismo
A las esferas altas,
Van recibiendo unas
Lo que las otras vacian,
Hasta que el agua viene
A dar en el Alcázar.

Esta descripción es más clara y exacta que la anterior y la del *Pelegrino*; pero el autor, á la rueda, que era vertical, le llama Rodezno, que es el nombre que se aplica á las horizontales ó turbinas. Las bombas son pura invención de Quiñones.

Otro autor, forzado por el consonante, convierte á los cazos en gamellas (yugo que se pone a las caballerías):

Guisa como quieras la maraña
y trasforma en Guerreros las doncellas,
Que tú serás el Cómico de España;
Verás que el histrión mímico en ellas
Gasta más artificios que Juanelo,
En el subir del agua con gamellas .

Y terminaré estas citas de composiciones, en que se menciona la máquina de Toledo, con unos versos de Lope de Vega en *El laurel de Apolo*, en que, sin nombrarla, habla de la subida del agua al Alcázar, como él solo podía hacerlo:

Si por claros varones
Soberbio presumiste,
Laurear la cabeza
Oh Rey de rios, venerable Tajo;
Ahora es más razón que las coronas
Por una insigne y celestial belleza.
y si del alto Alcázar pretendiste
Tus olas igualar al fundamento,

Desde las urnas de tu centro bajo
Con más razón por las escalas sube,
Bebiendo de ti mismo como nube,
A dar cristal deshecho al edificio,
En cuyo frontispicio
Pueden bañar las a ves alemanas
Las negras alas en las ondas canas,
Glorioso de mirar la bizarría
De Doña Ana de Ayala,
Cuya hermosura y gala
Ser alma de las musas merecía.

En Julio de 1573 mandó el Rey entregar á Juanelo 400 ducados de ayuda de costa, atendiendo á sus buenos servicios y á su necesidad. Consta que en 1581 estaba acabado el segundo ingenio, y que en el año siguiente el primero (á los catorce años de su instalación) se hallaba muy mal tratado y comenzaba á hundirse, por lo que el Rey mandó que se reparara.

Y desde esa época hasta 1585, en que murió Juanelo, no aparecen más noticias en los documentos referentes al Artificio.

Esteban Garribay refiere el enterramiento de Juanelo, con estas palabras: «Sólo fué de mi voto, en lo referente á la navegación del Tajo, Joanelo Turriano, natural de Lombardía, el que había hecho la admirable fábrica de la subida del agua del Tajo al Alcázar de Toledo. Este insigne varón, antes de ver acabada esta navegación, murió en la misma Ciudad, en 13 de Junio de 1585, á los ochenta y cinco años de edad, poco más ó menos, y fué enterrado en la Iglesia del Carmen de ella, en la Capilla de Nuestra Señora del Soterraño, siendo yo presente, no con el debido acompañamiento que merecía quien fué príncipe muy conocido en todas las cosas en que puso su clarísimo ingenio y manos. Fué alto y abultado de cuerpo, de poca conversación y mucho estudio, y de gran libertad en sus cosas; de gesto algo feroz y el habla algo abultada, y jamás habló bien en la española . . . Túvole en mucho el católico Rey D. Felipe II, y le regaló y honró siempre como quien sabía bien lo que él merecía, imitando lo que había hecho con él el preclarísimo Emperador Don Carlos, su padre.» Dejó una hija y única heredera, llamada Bárbara Medea Turriano, á quien el Rey, á los seis meses de muerto su padre, en 20 de Diciembre de 1585, mandó pagar doscientos ducados, á buena cuenta de lo que montaban los instrumentos y otras cosas de Juanelo; y después, en 23 de Diciembre de 1586, recibió también, por orden del Rey, dos mil ducados, á buena cuenta de seis mil que se le habían mandado pagar por el derecho que tenía á uno de los ingenios.

Dejó también un nieto llamado Juanelo Turriano, al que se encargó el cuidado del Artificio con cuatro reales de jornal, que el Rey en 6 de Noviembre de 1593 aumentó en cien ducados anuales, Disfrutó muy poco de este beneficio, porque falleció en 1597, dejando en gran miseria á su mujer é hijos.

Doña Bárbara Medea le sobrevivió algunos años, pero en tal estado de pobreza, que en 1601 acudió al Rey D. Felipe III, exponiendo que al morir su padre la dejó muchas deudas y dos nietas, hijas suyas, por casar, para cuyos dotes vendió los pocos bienes que tenía, padeciendo mucha necesidad, por lo que suplicaba, que, en atención á los muchos servicios de su padre y á las memorias que dejó, señaladamente el Artificio y los dos relojes, la hiciese alguna merced con que poder pasar los pocos días que la quedaban de su vida, por ser ya de sesenta años; y el Rey, en 29 de Julio de 1601, «acatando lo susodicho», tuvo á bien señalada cuatro reales diarios mientras viviera. Murió á los nueve meses, y S.M. concedió por seis años dos reales diarios á Doña María Turriano, su hija, y nieta de Juanelo.

Además del hijo llamado Juanelo, encargado del Artificio, y que, como hemos dicho, murió en 1597, tuvo Doña Bárbara otro, llamado Gabriel, que, después de haber desempeñado el mismo cargo que su hermano, pasó á Flandes á servir en el ejército, y de allí, se trasladó á Sicilia, en donde murió de un mosquetazo, en la guerra, el año 1616. «Así acabó,» dice Llaguno, «la familia de Juanelo Turriano, gran Matemático y el artista más ingenioso de su tiempo.»

Añade que sus dos famosas máquinas ó Ingenios no tuvieron mejor suerte, porque el Tajo las destrozó, y en 1598 fué nombrado Juan Fernández del Castillo, criado de S.M., para entender en el gobierno y conservación del Ingenio, señalándole cuatro reales de salario al día. La orden está fechada en San Hieronimo de Madrid á 12 de Octubre del año citado. Castillo, algunos años después, representó que el Ingenio viejo no estaba de servicio si no se reparaba, y que el gasto de esta reparación podría excusarse si se le permitía que, con los despojos de la máquina, hiciera un ingenio

nuevo por la traza y orden que él daría, y con el cual se subiría más agua, con mayor facilidad y menor coste que con los de Juanelo.

El rey aprobó esta propuesta, no sin que hubiera algunas objeciones a la misma. El documento final que trata de esto es un Real Decreto de 1606. A partir de entonces no se habla más del nuevo ingenio y es posible que nunca se completara.

En 1626 murió Castillo y le sucedió en el gobierno y conservación del Ingenio su hijo Juan del Castillo Rivadeneira; y á éste, en 1639, Luis Maestre, en cuya época se supone que hubo de abandonarse el Artificio.

Don Luis de la Escosura se plantea la cuestión de si, a mediados del siglo XVI, había alguna máquina mejor para elevar el agua a la altura a que lo hizo el Artificio de Juanelo. Y dice:

En la época de Juanelo, según queda apuntado, no se usaban más bombas que las de madera, de las que pueden verse varios ejemplos con aplicación al desagüe de las minas, en la obra de Agrícola, titulada *De Re Metallica*. En los pozos se conservan bien, por la constante humedad que reina en ellos, los aparatos de madera; pero al aire libre se resecan, y el agua se escapa lo mismo por las bombas que por los tubos. Además, es prácticamente imposible elevar agua en un solo tramo á 90 metros con bombas y tubos de madera . . .

La figura 555 es copia de la bomba impelente de dos cuerpos que incluye Juanelo en el tomo tercero, libro 13, pág. 353 de su obra manuscrita *Los Ingenios y Máquinas* . . .

Juanelo comprendió sin duda la dificultad y el gasto crecido de fundir los tubos y las bombas de bronce para elevar el agua al Alcázar, y debió influir en su resolución, no sólo el fracaso de los Alemanes en 1526, que refieren los Apuntes del Monasterio, sino el considerar que una bomba y una tubería, por arriesgada que fuera su instalación, no podían dar ocasión á que él mostrara su ingenio y su habilidad, como lo consiguió con sus vasos y tubos, dejando ver á pocos, como dice *El Pelegrino*, la rueda motriz y los engranajes en donde se engendraban los movimientos acompasados y las pausas uniformes que tanto excitaron la admiración de sus contemporáneos.

. . .

En París, en Londres, y demás ciudades importantes de Europa, no se habían aplicado las máquinas á la elevación del agua cuando se proyectó é instaló el Artificio; y obras hidráulicas tan celebradas como las de Ausburgo y de Bremen, en las que el agua no se eleva á más de 40 metros, son posteriores al Ingenio de Toledo.

En cuanto a la máquina de Ausburgo nos remitimos a lo dicho en nuestro tratado sobre Cardano en la página 179. Desde 1412 hubo en Ausburgo una máquina para el suministro de agua, y la famosa máquina de Ausburgo que Juanelo recogió en su obra manuscrita, que consistía en unos tubos inclinados con una hélices interiores (bomba de Arquímedes), colocados unos encima de otros y con depósitos intermedios, fue construida en 1540, antes de que Juanelo hiciera la suya.

La realidad es que esta máquina no hubiera sido adecuada para Toledo por las distintas condiciones en que tenía que funcionar.

Juanelo, con lograr solamente que subiera el agua al Alcázar, se hizo digno de los elogios de sus contemporáneos, por más que los hayan expresado, alguna vez, con una exageración que sólo podía disculpar el entusiasmo que produjo en ellos la forma misteriosa con que acertó Juanelo á combinar movimientos y pausas perfectamente acompasadas para los órganos más sobresalientes de su Artificio, para los vasos y los tubos, que se llenaban y vaciaban con la mayor regularidad. Supo, además, dar á su obra cierto aspecto de maravilloso y algo de sobrenatural, con que logró cautivar á una sociedad predispuesta en favor de este género de manifestaciones, y que no se cuidaba de si era mucha ó poca el agua que subía, con tal que subiera por artificios ocultos que no estuvieran á su alcance, pero que excitaran su entusiasmo y fueran dignos de admiración. Recuerde el lector lo que dice el erudito Morales del Artificio y de su autor, y creo que no encontrará exagerada mi opinión respecto á la sociedad en que vivió Juanelo. Y así, trasladándome con el pensamiento á aquella época, no vacilo en declarar que este célebre Ingeniero adoptó la máquina más conveniente y adecuada para resolver el difícilísimo y complicado problema, en aquel tiempo, de elevar el agua del Tajo al Alcázar de Toledo.

Con este análisis estamos en general de acuerdo, pero la insinuación de que Juanelo tenía la intención de dar apariencia de maravillosa a su máquina no la consideramos adecuada. Don Luis dice en un pasaje que hemos mencionado que Juanelo y Ramelli, ambos de la región de Milán, donde había enseñado Leonardo da Vinci, no podían haber visto en Italia ninguna máquina construida, o dibujo, de donde pudieran haber sacado la idea del arte del agua y que cada uno lo había elaborado por su cuenta. Y creemos haber demostrado que, simplemente, enfocando el problema correctamente se obtiene el resultado del aparato que se supone corresponde con el de Juanelo. Que no quisiera mostrar su construcción a cualquiera es muy comprensible por razones prácticas. En cambio, la suposición de que sólo buscaba la admiración de sus contemporáneos nos parece arbitraria.

Bajo el título “De otras obras y comisiones que estuvieron a cargo de Juanelo”, nuestro autor informa lo siguiente:

Cuenta la tradición que Juanelo ideó construir en Aranjuez, sobre el Tajo, un soberbio palacio para el Rey, y que proyectó fundarle sobre grandes pilares de granito, que el pueblo de Toledo llama hoy los postes de Juanelo. Se cortaron cuatro en la cantera de Sonseca, en donde existe uno de ellos, y los tres restantes se quedaron en el camino y se ven aún, en las inmediaciones de Nambroca, á unos once kilómetros de Toledo. Persona que los ha visto, me asegura que tienen unos 40 pies de altura, suficiente para que quedara una parte al descubierto durante las mayores avenidas del Tajo.

En 1571 fué comisionado Juanelo por orden del Rey para reconocer la dirección que llevaba la acequia de Colmenar, que dirigía Juan Francisco Sison, y tanto él como Benito Morales opinaron que iba errada.

...

En 26 de Enero de 1580, el Abad Briseño avisa, en carta á S. M., «que Su Santidad hará la reforma del Calendario con la menor alteración posible, luego que lleguen los instrumentos y tablas que el Maestro Juanelo ha hecho sobre ello».

...

El Huevo de Juanelo. En alguna ocasión, que yo desconozco, Juanelo consiguió que un huevo se tuviese en pie sobre una mesa, dándole un golpe para que la punta únicamente se rompiera y se formara base suficiente para mantenerle en equilibrio. Así lo explica Calderón en la jornada segunda de su comedia «La Dama Duende»

BEATRIZ Otra duda:
Cómo es posible que alabes
De tan entendido un hombre
Que no ha dado en casos tales
En el secreto común
De la alhacena?

ANGELA Ahora sabes
Lo del huevo de Juanelo,
Que los ingenios más grandes
Trabajaron en hacer
Que en un bufete de jaspe
Se tuviese en pie, y Juanelo
Con sólo llegar y darle
Un golpecillo le tuvo?
Las grandes dificultades
Hasta saberse lo son;
Que sabido todo es fácil.

Y la Academia, generalizando el caso, define el huevo de Juanelo de conformidad con la explicación de Angela, en los términos siguientes: «Cosa, al parecer, que tiene mucha dificultad, y es facilísima después de sabido en qué consiste».

Realmente tiene escasísima importancia y no poco de vulgar el problema de sostener en pie un huevo, rompiéndole y cambiando su forma; pero como del hecho ha resultado un refrán que lleva el nombre del autor del Artificio, y como todavía hay quien sostiene que Colón fué el descubridor de tan pueril acertijo, he creído que no estaría fuera de lugar lo apuntado, ni parecería extraño que aquí se diera alguna explicación acerca de esta competencia, de la que, en lo referente á Colón, trata extensamente y con su autorizada ilustración D. Martín Fernández de Navarrete en su Colección de viajes.

Bossi, que escribió en italiano la vida de Colón, guiado por una estampa del grabador y dibujante Bry, establecido en 1570 en Francfort, refiere que entre las fiestas con que obsequiaron los grandes de la corte al descubridor del Nuevo Mundo, cuando volvió de su primer viaje, fué una el banquete que le dió el Cardenal Mendoza. Durante la comida, uno de los grandes sostuvo que si Colón no hubiera descubierto la América, no hubieran faltado en España hombres de talento y habilidad para ejecutar la misma empresa. Entonces, Colón tomó un huevo y preguntó si alguno de los que estaban presentes sabía hacer que se mantuviese derecho sin ningún apoyo. Nadie pudo conseguirlo, y Colón, aplastando de un golpe uno de los extremos del huevo, logró que se mantuviese sobre la mesa. El Señor Fernández de Navarrete, que califica esta narración de fábula insípida é inverosímil, demuestra que no tiene apoyo alguno, pues no hablan de semejante convite ni suceso los historiadores de Colón, ni los de Indias, ni el del Cardenal Mendoza.

Bajo el título “De las obras y proyectos para abastecer de agua a Toledo en épocas posteriores al abandono del Artificio” nuestro autor dice:

A principios de] siglo XVIII, una compañía inglesa se propuso subir agua del Tajo con bombas de hierro, y aunque llegó á trasportar tubos de sección cuadrada, que se han utilizado unos en los paseos de la Ciudad y han quedado otros abandonados en las márgenes del río, cerca de donde estuvo el Artificio, la obra no pudo realizarse, ignorándose las causas que privaron por entonces á Toledo del inmenso beneficio que se esperaba de la ejecución del proyecto.

Después se han presentado muchos proyectistas solicitando que sus remuneraciones, siempre exigentes, fueran admitidas en principio antes de proceder al estudio definitivo de los proyectos; pero ni esto podía conducir á un resultado práctico para el vecindario, ni las leyes administrativas permitían á los Ayuntamientos celebrar contratos bajo tales condiciones.

En el año de 1861 se trató de nuevo con empeño de surtir de agua á la Ciudad. Era, á la sazón, Presidente del Ayuntamiento Don Rodrigo Alegre, que, celoso de la prosperidad de la población cuyos intereses administraba, y dotado de talento claro y de un carácter enérgico y perseverante, se propuso con decisión llevar á cabo las obras necesarias para establecer tan importante servicio. Consiguió, primero, inculcar su entusiasmo en el ánimo de los demás Concejales y de los mayores contribuyentes para que todos apoyaran su pensamiento, reducido á traer al punto más elevado del Caserío las aguas de la fuente del Cardenal, situada en la dehesa de Pozuela y distante cuatro kilómetros de la Ciudad, y á subir las del Tajo al Alcázar por medio de una máquina adecuada; las primeras se utilizarían como potables y las del río para usos industriales, riegos, baños y otras aplicaciones en que la buena calidad no es absolutamente indispensable. Buscó recursos para realizar las obras y me encargó del estudio de los dos proyectos. Mis Memorias, planos y presupuestos, fueron aprobados en sesión de 30 de Junio de 1861. Las obras de la fuente del Cardenal se terminaron el día 15 de Marzo de 1863 . . . El surtidor y tres fuentes con siete caños siguen distribuyendo el agua de la fuente del Cardenal . . .

La subida del agua del Tajo no llegó á realizarse. Los sucesos políticos dieron ocasión á que saliera del Ayuntamiento D. Rodrigo Alegre, y el nuevo Alcalde renunció á mi proyecto, reducido á instalar una máquina de vapor á un nivel superior al que alcanza el río en sus mayores avenidas, para mover las bombas que habían de subir el agua del Tajo, fundando su decisión en el gasto de combustible para la máquina y el salario del maquinista. Una rueda hidráulica movida por la corriente del Tajo le pareció más económica, más racional y más acomodada á la tradición del Artificio, sin que le arredrara el fracaso de los alemanes.

Los deseos de la nueva Autoridad se realizaron en 1869. Una turbina, que desde aquella época viene elevando el agua del Tajo al punto más alto de la población, resolvió el problema sin máquina de vapor. En los veranos suele necesitar composturas para reparar las averías ocasionadas por las crecidas del río, y en algunos en que la sequía se prolonga, no puede trabajar más que un corto número de horas al día.

El vecindario, volviendo la vista á los romanos, desea hoy la construcción de un acueducto para conducir á Toledo las aguas del Castañar, y sólo el gran coste de las obras podrá retrasar la ejecución de este proyecto.

Don Luis de la Escosura pasa ahora a examinar el puente de madera con el que Julio César cruzó el Rin. Es un tema importante sobre el que apenas se ha escrito y entendemos que se mantienen vigentes los puntos poco claros de este análisis.