

LEONARDO DA VINCI'S SFORZA HORSE ANALYZED FROM THE ENGINEERING PROJECTS PERSPECTIVE.

Cerveró Meliá, Ernesto; Ferrer Gisbert, Pablo S.; Capuz-Rizo, Salvador F.

¹ Universitat Politècnica de València

This paper aims to relate these three approaches in the area of knowledge of engineering projects, engineering design, project engineering and project management, with some of the contributions of the scientific and technical work of Leonardo Da Vinci.

To achieve this the Sforza Horse, one of the most iconic technical designs of Leonardo, will be analyzed from the three aforementioned approaches, trying to connect the current Engineering Projects perspective with 500 years old Leonardo's plans, works and artefacts.

Keywords: Leonardo Da Vinci; Engineering Design; Project Engineering; Project Management

EL CABALLO SFORZA DE LEONARDO DA VINCI ANALIZADO DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA.

El presente trabajo tiene como objetivo relacionar los tres enfoques presentes en el área de conocimiento de los Proyectos de Ingeniería, el Diseño en Ingeniería, la Ingeniería de Proyectos y la Gestión de Proyectos, con algunos de los aportes de la obra científico-técnica de Leonardo Da Vinci.

Para ello se analizará uno de los diseños técnicos más emblemáticos de Leonardo, el Caballo de Sforza, desde los tres enfoques anteriormente mencionados, intentando relacionar artefactos y planos de hace 500 años con la actual visión de los proyectos de ingeniería.

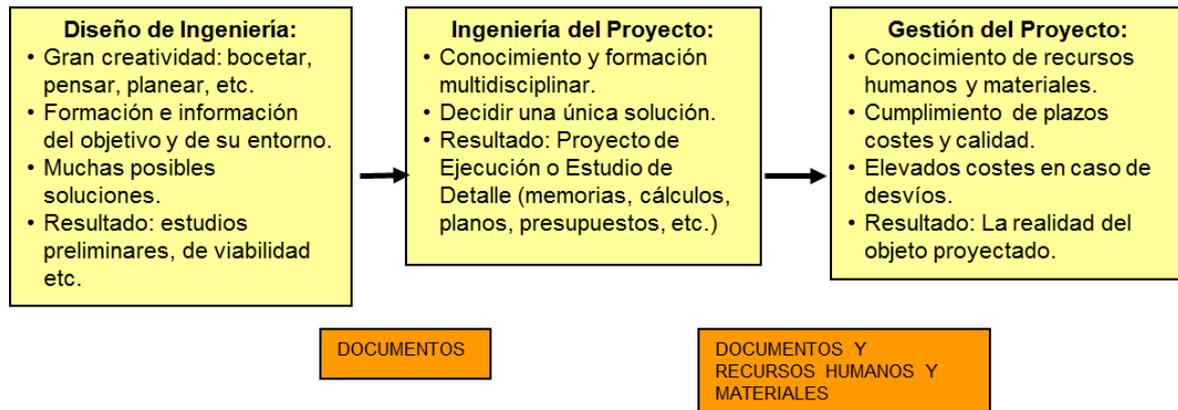
Palabras clave: Leonardo Da Vinci; Diseño en Ingeniería; Ingeniería de proyectos; Gestión de proyectos

1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo relacionar los tres enfoques presentes en el área de conocimiento de “Proyectos de Ingeniería” —el Diseño en Ingeniería, la Ingeniería de Proyectos y la Gestión de Proyectos— con algunos de los aportes de la obra científico-técnica de Leonardo Da Vinci.

Los enfoques del Proyecto mencionados se podrían resumir como se indica en la figura 1.

Figura 1: Área de conocimiento de “Proyectos de Ingeniería”



Se pretende analizar si algunas de las obras científico-técnicas de Leonardo, con más de 500 años de antigüedad, siguieron en alguna medida este enfoque actual del proyecto, mostrando la documentación asimilable que en su día elaboró el toscano. El estudio se centrará principalmente en el Proyecto del Caballo de Sforza, completándose con alguna referencia al del Mausoleo del Mariscal Trivulzio.

2. El Caballo Sforza

2.1 El contexto histórico

Leonardo Da Vinci (Vinci 1452 - Amboise 1519) en 1482, con 30 años, sabedor de la competencia entre artistas destacados en la Ciudad de Florencia y conocedor de la pujanza económica, social y cultural del Ducado de Milán, buscó congratularse con sus mandatarios y escribió al Duque de Milán, Ludovico Sforza (Vigevano 1451- Loches 1508), destacando sus aptitudes, habilidades y competencias. Constituirá uno de los más famosos currículos de la historia (Aforismos, 2005).

“A Ludovico Sforza, regente de Milán.

Ilustrísimo Señor mío, después de ver y considerar suficientemente las pruebas de todos aquellos que se llaman maestros y compositores de instrumentos bélicos, y toda vez que la invención y operación con dichos instrumentos no están fuera del uso corriente, me esforzaré, sin menoscabo de otras, en hacerme entender por su excelencia, le abriré mis secretos y me pongo a disposición de su excelencia para llevar a efecto y demostrar cuando lo estime oportuno aquellas cosas que en parte brevemente se anotan a continuación:

- 1. Tengo proyectos de puentes ligerísimos y fuertes, que se pueden transportar con mucha facilidad.*
- 2. Sé cómo hacer el asedio de un terreno para sacar el agua de los fosos y hacer un número infinito de puentes, escaleras de cuerda y otros instrumentos.*

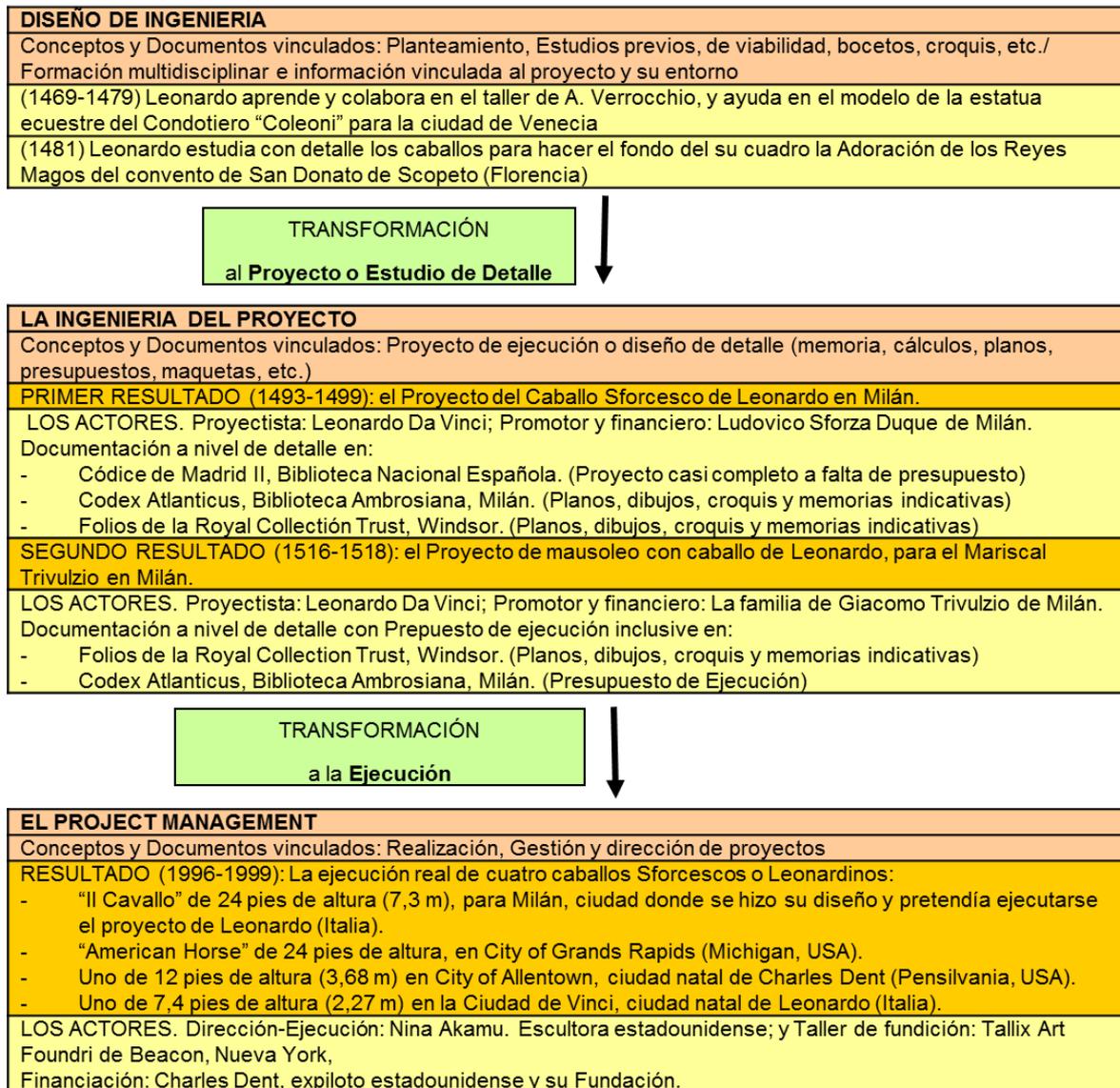
3. *Si por la altura del terreno o por la fuerza del lugar y del sitio no se pudiese usar un asedio, sé hacer bombas, conozco maneras de acabar con ciudadelas y fortalezas, aún cuando estén construidas con roca.*
4. *Asimismo tengo ideas para hacer cañones comodísimos y muy fáciles de trasladar, con los que tirar piedras pequeñas como una lluvia de granizo.*
5. *Y si sucediera algo en el mar, tengo planos de numerosos instrumentos utilísimos para atacar y defenderse, incluyendo barcos que resistirían el fuego de los mayores cañones, polvo y humo.*
6. *También conozco modos de llegar sigilosamente a un determinado lugar por cuevas y pasajes secretos, aunque para ello fuera necesario pasar bajo un río.*
7. *Puedo construir carros cubiertos (tanques), seguros e inofensivos con los que entrar dentro de las líneas enemigas con artillería, y no habrá compañía de hombres con armas tan grande como para que los carros no la deshagan. Y tras ellos la infantería llegará y los encontrará prácticamente desarmados y sin ninguna oposición.*
8. *Del mismo modo, si fuera preciso, haré cañones, morteros y artillería de formas bellísimas y útiles, fuera del uso común.*
9. *Donde no sea posible usar cañones, diseñaré diferentes tipos de catapultas y otros instrumentos de inmejorable eficacia muy diferentes de los comúnmente usados, en resumen, dependiendo de lo que las variadas circunstancias dicten, diseñaré infinitos artefactos de ataque y defensa.*
10. *En tiempos de paz, creo que puedo darle tanta satisfacción como cualquier otro en arquitectura, con la construcción de edificios públicos y privados, así como en la conducción de agua de un sitio a otro.*
11. *Puedo realizar esculturas en mármol, bronce o barro, así como pinturas, y mi trabajo puede compararse al de cualquier otro, quien quiera que sea.*
12. ***Además, yo podría asumir la obra del caballo de bronce que sería una gloria inmortal y honor eterno de la memoria feliz de su señor padre y de la ilustre casa de los Sforza.***
13. *Y si alguna de las cosas mencionadas le pareciesen a alguien imposibles o no factibles, me declaro dispuesto a hacerle una demostración en su parque o el lugar que prefiera. Vuestra Excelencia, a quien me encomiendo con toda humildad”.*

Leonardo es aceptado en la corte del Duque de Milán, quien durante años será su mecenas, y aparte de nombrarle “ingeniarium ducalis” y pintor, decorador y amenizador de los actos festivos de la corte milanés, le encomienda crear la escultura con la que resaltar la figura de su padre. Comienza así el primer periodo milanés del artista (1482-1500).

En 20 de diciembre de 1493, con motivo de la boda de la sobrina del Duque, Bianca Maria Sforza, con Maximiliano I (Emperador del Sacro Imperio Romano), se exhibió el modelo de arcilla que estaba terminando, en el patio del Castillo Sforzesco de Milán. Tenía más de 7 m de altura y se dijo que “*En verdad, aquellos que han visto el gran modelo en barro hecho por Lionardo, aseguran que jamás contemplaron nada más bello y soberbio*” (Vasari, 1550).

Otra prueba de que aquello fue cierto y que el modelo de arcilla llegó a ejecutarse, nos llega a través de matemático Luca Pacioli, autor del libro “la Divina Proporción”, que indica: “*La admirable y estupenda estatua ecuestre, de la cerviz a la tierra plana, tiene 12 brazas, y toda su masa asciende a unas 200.000 libras*” (de España, 1949).

Figura 2: Resumen cronológico



Posteriormente comienza la recopilación de gran cantidad de metal para su proceso de fundición y los planos de detalle para la colada y los hornos necesarios. Pero al iniciarse la guerra entre el Ducado milanés y la Francia de Luís XII, se tuvo que utilizar la materia prima acumulada hasta entonces (más de 60 t de bronce) en la construcción de cañones y otras armas de defensa.

Finalmente, en septiembre de 1499, los soldados franceses invaden Milán y sus ballesteros destruyen el modelo de arcilla de gran tamaño utilizándolo de blanco. El Duque al perder Milán, huyó a Alemania y volvió con mercenarios suizos para intentar reconquistarlo, pero fue hecho prisionero por los franceses y trasladado a Loches (Francia) donde permaneció encarcelado hasta su muerte.

2.2 Diseño de ingeniería: estudios preliminares, los bocetos iniciales

El conjunto del Proyecto del Caballo Sforza se encuentra principalmente en el Códice de Madrid II (el Códice de Madrid I es un tratado de Mecánica), en la Biblioteca Nacional. No

obstante, hay documentación en los folios manuscritos de la Royal Collection de Windsor (British Royal Library) y el Codex Atlanticus de la Biblioteca Ambrosiana de Milán. El conjunto de manuscritos de Leonardo fue testado por este a su discípulo y pintor Francesco Melzi (Milán, 1493 – Vaprio d'Adda, 1572/73?), quien los custodió adecuadamente hasta su muerte. Pero sus herederos los vendieron o donaron; de aquí su diseminación en diferentes códices, y por diferentes bibliotecas, fundaciones y casas reales que por su valor ambicionaban su propiedad o pertenencia.

Conocidos los objetivos del proyecto recopilamos en este apartado los esfuerzos invertidos en su formación y en la consideración de soluciones alternativas, estudiando sus ventajas e inconvenientes.

Leonardo, conocida por su padre las habilidades excepcionales para el dibujo y el aprendizaje artístico, es presentado en 1469 en el taller de Andrea Verrocchio (1436-1488) donde es aceptado inmediatamente. Aprende de su maestro pintura, escultura, grabado, arquitectura, ingeniería y música. Es conocida la anécdota de que colaboró con este en la pintura del *Bautismo de Cristo*, ejecutando los ángeles de su parte inferior. Al parecer, Verrocchio, al ver la perfección y belleza de sus caras y vestidos, que superaban con creces a las de la imagen principal de Cristo y el Bautista, decidió no volver a pintar jamás. Tras casi diez años desde su admisión, Leonardo se independizará.

En 1479 Verrocchio, por encargo de la ciudad de Venecia, arranca la estatua ecuestre en bronce sobre el Condottiero (mercenario) Bartolomeo Colleoni, pero muere antes de acabarla, atribuyéndose su finalización y fundición (sobre 1493) al orfebre Alessandro Leopardi (Venecia 1465-1523).

La estatua está instalada hoy en el Campo di San Zanipolo de Venecia y se da por cierto que Leonardo, aún colaborador del taller donde aprendió todas las técnicas de la fundición, fue participe en la elaboración la obra por los estupendos acabados, el dinamismo, la postura del jinete mostrando movimiento, etc. Por ello se estima que al menos el modelo de arcilla salió de las finas manos del mismo.

Figuras 3 y 4: Adoración de los Reyes Magos (fuente Wikipedia) y Folio de la Royal Library, Windsor Castle, sobre el estudio inicial del Caballo Sforza



Esta estatua junto con la estatua ecuestre de otro Condottiere, el general Erasmo da Narni, conocido como “Gattamelata” (sobre 1453, en bronce, 3,40 x, 3,90 m) realizada por Donato

Di Betto Bardia (“Donatello”, 1386-1466) y ubicada en la plaza de la basílica de San Antonio de Padua, eran las dos estatuas ecuestres en bronce más famosas y conocidas en la época.

Hasta aquel entonces todas las estatuas ecuestres de gran tamaño estaban en posición de apoyo en 3 de las 4 patas del caballo. Algunas de ellas, incluso colocaban motivos en la cuarta pata (a un enemigo caído, a un animal, una ola, etc.), para que sirviera de cuarto punto de apoyo.

En 1481, un Leonardo ya emancipado recibe el encargo de los mojes del Convento de San Donato en Scopeto (Florencia) para pintar el retablo del altar de su capilla con “La Adoración de los Reyes Magos”, sobre tabla y al óleo. Decide llenar la perspectiva y fondo del cuadro de caballos en distintas y variadas posiciones, con jinete y sin jinete, lo que le otorga cierta originalidad al cuadro. Se conserva en la Galería de los Uffizi de Florencia.

Para llevarlo a cabo, Leonardo boceta y dibuja intensamente. Realiza numerosos dibujos y estudios preparatorios sobre caballos, incluyendo además una perspectiva lineal de una arquitectura clásica en ruinas que forma parte del fondo de la escena. Dejó inacabada esta obra por haber partido hacia Milán al año siguiente.

Para distinguirse de todo lo existente hasta el momento, concibe la idea de llevar a cabo el caballo en posición de encabritamiento, y así aparecen los primeros dibujos y bocetos para el Caballo Sforcesco. Pero debido a las dificultades físicas de ese diseño y de su estabilidad, acabará optando por la solución del “caballo al trote” pero con solo dos patas apoyadas en el suelo.

2.3 Ingeniería del proyecto: el diseño de detalle o proyecto de ejecución

En esta fase se precisa de formación específica y conocimientos técnicos para desarrollar con detalle y documentar una única solución, hacia la que se habrán hecho converger las estudiadas en la fase anterior. Esta solución definitiva debe quedar definida a nivel de subsistemas, componentes y partes, con el suficiente detalle para considerarse adecuada, con el fin de que otra persona con formación similar, sea capaz de entender los documentos redactados y dirigir por sí misma la construcción del objeto del proyecto de una manera adecuada, cumpliendo con los objetivos iniciales marcados en las fases anteriores.

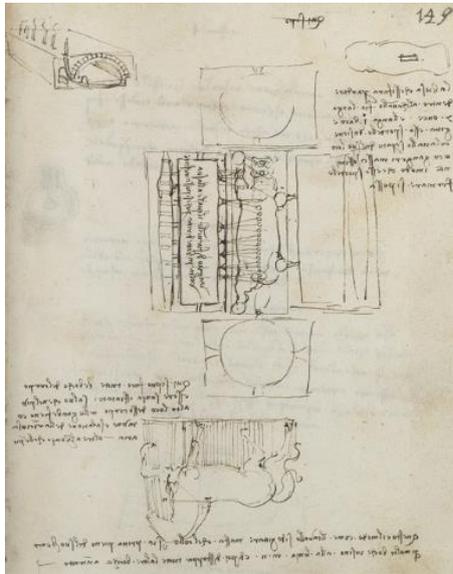
Leonardo utilizó, además de sus conocimientos artísticos, los de ingeniería y arquitectura (construcción, mecánica, metalurgia, ciencia y tecnología de materiales, mecánica de fluidos, etc.) que había ido adquiriendo a través de su paso por el Taller de Andrea Verrocchio y su propia experiencia y autoformación. Como fuente de información adicional, Leonardo poseía una excepcional biblioteca para la época (más de 150 libros de todas las materias del saber). Además era amigo del matemático Luca Pacioli, con el que colaboró con dibujos, planos y figuras en el libro del matemático “La Divina Proporción”.

La parte principal del Proyecto del Caballo Sforcesco se desarrolla en los manuscritos del códice de Madrid II, y se encuentra principalmente en su parte final. Existen 27 hojas manuscritas con dibujos, planos, croquis; y escritos (de manera especular) con datos, cálculos, estimaciones, mediciones, etc. Hay también alguna otra información y referencias en el Codex Atlanticus y en los folios manuscritos de Windsor.

A continuación se muestra por su especial interés, parte la documentación disponible en la Biblioteca Nacional de España, relacionada con el “Proyecto Sforza” con el que Leonardo

pretendía resolver las incidencias e inconvenientes para la creación de la estatua (<http://leonardo.bne.es/index.html>).

Figura 5: Detalle de f149r y traducción



[Figura]

[1348]

[Figura]

La abertura que se practicara para acceder al interior del caballo será de 7 pulgadas [1349] de ancho y 1 codo de largo. Fundirás un portillon, junto con el caballo, separado de su sitio y con pernos, macho y hembra, de tal manera que el portillon se pueda cerrar.

[Figura 1]

Interior de un hornillo, el cual tiene una bóveda de cañón recta para facilitarlas mezclas [1350]

[Figura 2]

Aquí resulta posible hacer todas las bocas del cuerpo sin respiraderos, salvo en la parte mas alta del cuerpo. Y las patas tengan un respiradero común del aire encerrado, además del bronce que las rellena.

[Figura]

De esta manera se tiene que fundir el caballo, pero procura que el cuello se rellene antes de bronce a través de muchas bocas hasta la línea m n, y luego abre todas las otras bocas de una vez.

Figura 6: Detalle de f151v y traducción

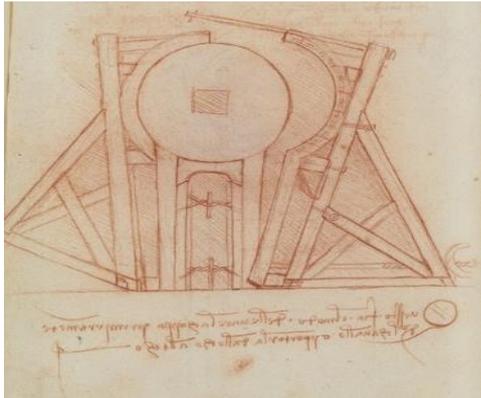


El día 20 de diciembre de 1493 decidí finalmente fundir el caballo sin la cola y en posición tumbada porque, midiendo el caballo 12 codos, si lo fundiera por los pies, quedaría tan solo a un codo del agua, y como no puedo quitar mas tierra, la humedad la podría perjudicar ya que el molde deberá permanecer bastantes horas bajo tierra, y la cabeza estando a un codo del agua, se impregnaría de humedad. Y la fundición fracasaría.

[Figura]

Y se podría practicar una abertura en el lomo. El bronce encontrara el fondo de igual manera y rellenara por igual, sin tener ir desde la pata de atrás hasta la frente, como sucedería si lo fundiésemos con las patas hacia arriba.

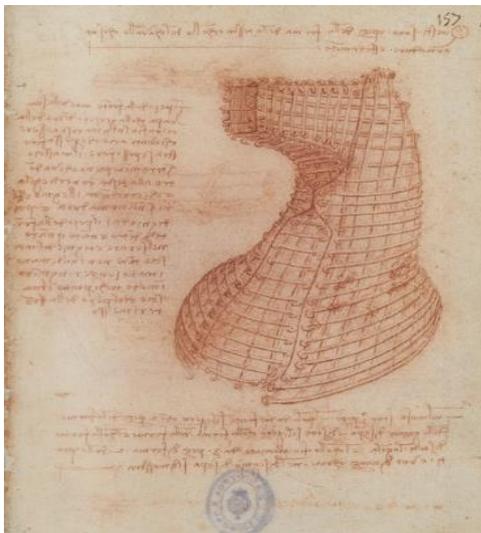
Figura 7: Detalle de f155v y traducción



[Figura]

Esta es la manera de quitar, en primer lugar, el recubrimiento del caballo y de llevarlo de un sitio a otro

Figura 8: Detalle de f157r y traducción



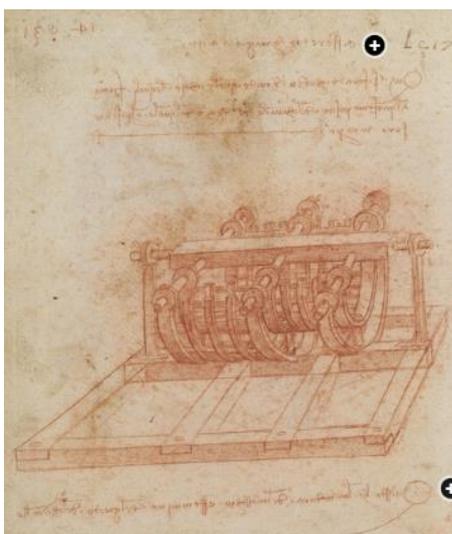
Estas son las piezas del molde de la cabeza y cuello del caballo con sus armaduras y herrajes.

[Figura]

La pieza frontal, mejor dicho, el recubrimiento con el engrosamiento de la cera en su interior, ser la última cosa que se clave, con el fin de que por esa abertura se pueda rellenar por completo el macho, que va en el interior de la cabeza, orejas y cuello, y que está rodeado exteriormente por la madera y herraje de la armadura. Luego, retocarás la pieza de la frente por dentro y en la misma medida retocarás el macho, antes de cerrar, e iras rebajando poco a poco mientras que retocas, de manera que el macho quede ajustado por completo con la pieza frontal, 7 una vez colocada.

En la parte del morro del caballo habrá una pieza que por dos de sus lados se unirá con las dos piezas correspondientes a las carriladas, y se unirá con la pieza de la frente, en cuanto a la parte de arriba, y con la de la garganta, por la parte de abajo. El cuello estará formado por tres trozos del molde, dos de las partes laterales y uno de la delantera, como está representado en el dibujo de arriba

Figura 9: Detalle de f157v y traducción



Le 17 ¹³⁶⁴

14 y 31

17 de Mayo de 1491, por la tarde.

Aquí quedan registradas todas aquellas cosas que están relacionadas con el proyecto del caballo de bronce en el que estoy trabajando en la actualidad.

[Figura]

Esta es la armadura del macho y de la hembra para la fundición del caballo.

También proyecta un habitáculo enterrado para la fundición y varios hornos en los laterales para, mediante canales, aportar a ésta la mayor cantidad de metal fundido en el menor tiempo posible.

En estos folios manuscritos pueden identificarse los documentos clásicos del proyecto.

En lo que sería la Memoria, Leonardo identifica con detalle cada uno de los elementos constructivos necesarios para poner en marcha el objetivo del proyecto. Identifica perfectamente el sistema (el propio caballo), los subsistemas (el habitáculo y los canales para la fundición, los hornillos, etc.), los componentes (molde, modelo, etc.) y las partes (vigas para levantamiento y transporte del monumento, herrajes, etc.).

El lenguaje que emplea es directo y las instrucciones claras. Nótese que sobre todo el Códice II de Madrid es un “cuaderno” y a Leonardo le gusta dirigirse a un “lector imaginario” como si de un alumno suyo se tratará.

A partir de este momento se encuentran epígrafes que hacen referencia a los diferentes aspectos que deben tenerse en cuenta durante la ejecución de los trabajos. Estos epígrafes (“...cómo preparar la sal que se debe emplear en los moldes”, “...sobre el macho, de la forma del horno”, “... modo de aplicar la ceniza”) permiten ordenar la ejecución de la obra cronológicamente y por partidas.

Durante el desarrollo de esta asimilación a memoria se encuentran epígrafes en los que las referencias a las magnitudes y proporciones son el objeto de atención del proyectista (“...cómo mantener el bronce en estado líquido.”, “...cuánto metal corresponde por cada onza de cera”, “...cálculo del peso del molde para averiguar la fuerza necesaria para su manejo..”). Por lo que los cálculos también están definidos en el proyecto de una manera intrínseca. Especialmente interesante es el folio f150v, donde se indican proporciones relativas de bronce. Así en el texto traducido se indica, por ejemplo:

- *Cuánto bronce corresponde para cada libra de tierra seca: A 100 libras de metal corresponden 16 libras de tierra seca.*
- *Cuánto bronce corresponde por cada libra de tierra mojada: 20 libras de tierra convenientemente mojada se corresponden de forma equivalente con 100 libras de metal porque, aunque la tierra contenga 4 libras de agua, dicha agua solo representa la porosidad de la tierra. Y cuando el líquido se evapora, la tierra no disminuye de tamaño, antes bien los poros que estaban ocupados por el agua, al perderla, se llenan de aire.*

Su representación (Planos) se realiza “acompañando” a la descripción de tareas planteada en la memoria. En cualquier caso, se muestran perfectamente identificados los elementos constructivos y detallado el funcionamiento esperado de los mecanismos considerados.

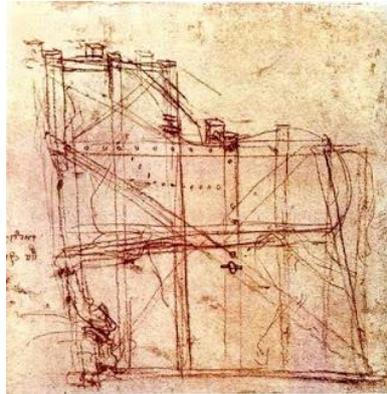
Las ilustraciones son ricas y cuidadosas en los detalles. Más que un croquis técnico son propias de apuntes de un pintor. Cuando aparecen magnitudes, cotas, referencias o notas, se justifican en la literatura de la que se acompaña junto al dibujo. Leonardo está considerado como uno de los precursores del dibujo técnico.

El nivel de detalle de los dibujos es excepcional. El folio 149r del Códice de Madrid II, por ejemplo, dibuja los dos posibles hornos circulares de donde deberá salir el bronce hacia el habitáculo central destinado al molde. Igualmente aparece el negativo del caballo, que debería ser en un principio fundido cabeza hacia abajo. Mientras que en el folio 157r, se observa los

herrajes para el negativo del molde de la cabeza y cuello, con el fin de reforzar esa parte que recibirá mayores esfuerzos y facilitar su retirada posterior.

Realizó incluso un plano de alzado del modelo de arcilla del caballo, con toda la aparamenta, andamiaje y ataduras necesarias para su transporte, sin riesgo de caída, rotura, accidente, etc.

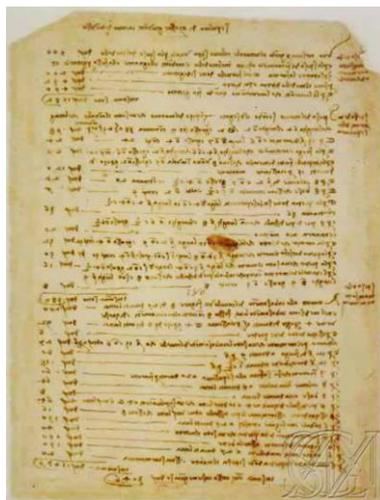
Figura 10: Croquis para el transporte del modelo de arcilla (Código Atlántico Folio 577v)



En este proyecto, quizás porque era una necesidad o deseo Ducal (máxima autoridad de Milán) o por su novedad y magnitud, no se encuentran referencias claras a presupuestos o costes de materiales. Podría decirse que el encargo se realizó por “administración”. En cambio, sí que existen referencias a la economía de materiales y su gestión óptima (evitando derrochar materiales, recursos u operaciones) o a la justificación (y aval) de los trabajos de un artista artesano frente a otras tareas que podrían compararse pero cuya complejidad resulta menor (p. e. fabricación de campanas en el torno). Un ejemplo de ello es el folio f146v “sobre el coste de la fundición”.

En un proyecto posterior de menor envergadura, el mausoleo del Mariscal Trivulzio, Leonardo sí desarrolla un presupuesto de ejecución detallado de los costes del mismo (figura 11).

Figuras 11 y 12: presupuesto de ejecución del Mausoleo de Trivulzio (Folio179 del Código Atlántico) y Boceto del monumento (Folio 12355 de de la Royal Collection Trust, Windsor)



2.4 Ejecución del proyecto. El gran caballo hecho realidad 500 años después

Leonardo no pudo ver ejecutado su colosal caballo por los avatares de la historia. Pero en 1977, el piloto de aviación norteamericano Charles Dent, se interesó en su realización.

Utilizando los planos y escritos de Leonardo, modeló uno a pequeña escala, y promovió una fundación (www.leonardoshorse.org) para que financiara su construcción. Inició los pasos para realizar el de 24 pies (7,32 m) de altura, pero las distorsiones en el modelo de arcilla al agrandararlo y su repentina muerte en 1994, impidieron de nuevo su ejecución.

No obstante, las personas donantes de los fondos iniciales contrataron en 1996 a la prestigiosa escultora norteamericana Nina Akamu quien, con la empresa de fundición Tallix Art Foundry de Beacon (Nueva York), previos ajustes del proceso, consiguió realizarlo con las medidas proyectadas por Leonardo. Aunque en realidad, el conjunto de mayor tamaño (24 pies o 7,35 metros de altura) no ha sido realizado en una sola pieza, sino que es un ensamble de varias.

Curiosamente los donantes que lo financiaban decidieron regalar a la ciudad de Milán el primero de ellos, llamado "Il Cavallo", que se instala el 30 de septiembre de 1999 en Milán, en el Parque del Hipódromo San Siro, como tributo a Leonardo (500 años después de la destrucción del modelo de gran tamaño en arcilla de Leonardo, por los arqueros franceses que invadieron Milán).

Un mes más tarde se inaugura otro "el American Horse", de iguales características, también supervisado la escultora Nina Akamu, en concreto en el Parque Jardín de Esculturas Fedrick Meijer, en la ciudad de Grands Rapids (Michigan).

Figuras 13 y 14: "Il Cavallo" de Milán y el "American Horse" de Grand Rapids (Michigan)



3 Conclusiones

A lo largo de este artículo sobre el Proyecto del Caballo Sforza se han identificado claramente las diferentes fases en que se subdividen los Proyectos de Ingeniería en la actualidad y con los que la técnica y la ciencia están familiarizadas: el Diseño en Ingeniería, la Ingeniería del Proyecto y La Gestión del Proyecto.

Se puede concluir que Leonardo dibujó, redactó, y proyectó sus diseños técnicos, con metodologías muy similares a las actualmente promulgadas por la Ciencia del Proyecto. Aún hoy resulta admirable la imaginación, creatividad, y saber hacer del genio toscano en temas tremendamente multidisciplinares, así como el cuidado y orden con el que el genio de Vinci documentó los trabajos técnicos en los que participó.

Referencias

- Bagni G.T., d'Amore B. (2006). Leonardo e la matemática. Ed Giunti.
Capra F. (2008). La ciencia de Leonardo. Editorial Anagrama.

- De España, J. (1949). Breviario de Leonardo da Vinci. El Ateneo (Buenos Aires).
- Aforismos, Leonardo Da Vinci. (2005). Círculo de lectores
- Atlas ilustrado de Leonardo Da Vinci. Arte y ciencia. Las máquinas. (2003). Susaeta Ediciones S.A.
- Grandes maestros de la pintura: Leonardo. (2006). Editorial Sol 90 SL
- Minués, V. (2009). Cuando el poder cabalgaba. Memoria y civilización. no. 12, 71-108
- Vasari G. (1550). Vite de' più eccellenti architetti, pittori, et scultori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri.
- Vezzosi A. (2011). Leonardo Da Vinci, ciencia y arte del universo. Ed. Blume.

Nota: Las referencias “v” y “r” existentes junto a la denominación de los nº de folio del manuscrito o códice, significan verso y reverso.