

01-016

THE MONASTERY DEL ESCORIAL PROJECT, A SUCCESSFUL CASE. THE ROYAL ACADEMY OF MATHEMATICS IN MADRID, A CONSEQUENCE OF THAT SUCCESS?

García Ahumada, Francisco Luis⁽¹⁾; Gonzalez Gaya, Cristina ⁽²⁾

⁽¹⁾UNED, ⁽²⁾ETS de Ingenieros Industriales UNED

The inception of the idea for the project of the Royal Monastery of San Lorenzo del Escorial goes back to 1559. This project stands out thanks to the highest standards in innovation and efficiency it shows in aspects such as the choice of location or the way it was built. These standards were achieved due to the establishment of a project structure where the roles and responsibilities of the stakeholders involved were clearly defined. This framework allowed the project to be completed to the client's satisfaction within a reasonable time and cost. In addition to what was already mentioned above, strategies related to logistics, human resources and support services were developed. The great success accomplished with this project by Juan de Herrera led to the strengthening of the bonds of trust between him and the King Felipe the Second, and to his promotion to the position of "Aposentador Mayor de Palacio" in 1579. In our opinion this success was key to the creation of the Royal Academy of Mathematics in Madrid in 1582. This institution provided, for the first time and outside the University, standardised education in Mathematics to architects and engineers among others.

Keywords: "Project"; "Roles and Responsibilities"; "innovation"; "trust"

EL PROYECTO DEL MONASTERIO DEL ESCORIAL, UN CASO DE ÉXITO. LA ACADEMIA REAL MATEMÁTICA DE MADRID ¿UNA CONSECUENCIA DEL ÉXITO?

En 1559 se inicia el desarrollo de la idea origen del Monasterio de San Lorenzo del Escorial. Este proyecto, tanto en su concepción, como en su desarrollo, muestra un elevado grado de eficiencia e innovación, desde la elección del emplazamiento como, en la posterior edificación. Esto, fue así, debido a que se estableció un modelo para la de gestión del proyecto, basado en una estructura que, definía los, roles y responsabilidades, de los participantes y, esto, permitió su realización en un corto espacio de tiempo, con un alto grado de satisfacción del cliente, y a un coste razonable. Adicionalmente, se desarrollaron: sistemas logísticos, modelos de gestión de recursos humanos tanto desde el punto de vista de relaciones como de servicios soporte, y otros. El éxito alcanzado, con este proyecto producirá un fortalecimiento de los lazos de confianza entre Juan de Herrera, que en 1579 pasará a ser el Aposentador Mayor de Palacio, y el Rey Felipe II. Este éxito, en nuestra opinión, será crítico para la creación de la Academia Real Matemática de Madrid en 1582. En esta Academia se dará, por primera vez y al margen de la Universidad, formación reglada de Matemáticas a, entre otros, Ingenieros y Arquitectos.

Palabras clave: "Proyecto"; "Roles y Responsabilidades"; "innovación"; "confianza"

Correspondencia: Francisco Luis García Ahumada; fgarcia1895@alumno.uned.es; Cristina González Gaya; cgonzalez@ind.uned.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1.- Introducción y Objetivos:

En este trabajo tiene como objetivo, el poner de manifiesto, la relación entre el “*éxito de un proyecto*” y “*la relación de confianza*” entre los gestores del proyecto y el patrocinador de este. Y como, esta relación de confianza va a permitir, que de ella nazcan nuevos proyectos. Para el análisis de esta hipótesis se va a utilizar dos proyectos que tuvieron desigual trascendencia en la historia de España:

- Como “*proyecto de éxito*”, el del Monasterio de San Lorenzo del Escorial (MSLE)
- Como nuevo proyecto, consecuencia del éxito del primero, la fundación de la Academia Real Mathematica (ARM)
- Como “*relación de confianza*” la que existió entre el Rey Felipe II y Juan de Herrera

Se han tomado como referencia estos dos proyectos porque ambos se han convertido en referentes de:

- Un gran proyecto arquitectónico, con un volumen relevante de innovaciones, el MSLE
- Uno de los primeros modelos, europeos, de formación reglada de distintas profesiones, en el que se incluye, por primera vez, a las profesiones técnicas. Que, desgraciadamente, tuvo una mínima trascendencia.

Ambos proyectos tienen en común la necesidad de la innovación en su desarrollo.

En el análisis de ambos proyectos el foco se va a situar a un nivel superior, dado que, por razones de extensión no se puede bajar al nivel de detalle que quisiera el autor.

2.- El Proyecto Monasterio de San Lorenzo del Escorial (MSLE)

Para el análisis del proyecto, se va a seguir el siguiente orden

- Criterios normativos actuales
- Dimensiones del Proyecto
- Dificultades del Proyecto
- Modelo de gestión
- La financiación
- La Innovación
- El éxito y reconocimiento Real

2.1.-Criterios normativos actuales

En orden al análisis del proyecto del Monasterio, es conveniente tener presente la norma de gestión de proyectos (UNE ISO 21500 2013) en la que se establece que:

En relación con el gobierno del proyecto, la norma indica que “*La gobemanza es el marco mediante el cual una organización es dirigida y controlada. La gobemanza de proyectos incluye, pero no se limita, a aquellas áreas de la gobemanza de la organización que están específicamente relacionadas con las actividades de un proyecto*”. La gobemanza del proyecto puede incluir aspectos tales como:

- la definición de la estructura de gestión;
- las políticas, procesos y metodologías a usarse;
- los límites a la autoridad para la toma de decisiones;
- las responsabilidades y rendición de cuentas a las partes interesadas;
- las interacciones tales como la información y la elevación de los asuntos o riesgos.

“La responsabilidad de mantener la gobernanza apropiada de un proyecto es usualmente asignada al patrocinador del proyecto al comité de dirección de proyecto”

Como se verá a lo largo del análisis del proyecto del MSLE, éste seguirá de forma anticipada muchos de los requerimientos de la norma.

2.2.- Dimensiones del Proyecto

2.2.1.- Dimensiones financieras:

Kubler en el apéndice 5 (Kubler, 1983) indica que el coste de la obra entre 1562 y 1601 fue de 5,701,955 ducados, para tener una idea de la magnitud de esta cifra, en moneda actual, el profesor Schwartz (Schwartz, 2010) ha estimado, a efectos de establecer una referencia de coste, un factor de cambio 87,92 euros /ducado lo que da una cifra del orden de 501 M€.

2.2.2.- Dimensiones físicas:

Se actuó sobre una parcela de 207 metros x 161 metros (35.000 m²)

Las dimensiones de las fachadas son 207 metros y 160 metros (Moya 1993 p.297)

De la monumentalidad del edificio se puede destacar que incluye: 15 claustros, 5 refectorios principales, 13 oratorios, 86 escaleras, 9 torres, 4.000 habitaciones, 2.673 ventanas (De la Cuadra, 1999).

2.2.3.- Dimensiones de los recursos humanos del proyecto:

Las estimaciones acerca del número de personas en la obra establecen una cifra aproximada de 2000 personas trabajando simultáneamente (Cano, 1994), con puntas de hasta 3000 personas (Kubler, 1983)

2.2.4.- Dimensiones Temporales:

- Búsqueda del emplazamiento 1559-1561 (Sigüenza, 1881.-Discurso II)
- Primeros planos de Juan Bautista de Toledo 1561 (Ramón, p.1)
- Primera piedra 23 de abril de 1563 (Sigüenza, 1881, p.43)
- Última piedra de la fábrica de 13 de diciembre de 1584 puesta por el Obrero Mayor (Kubler,1983, p.59)

2.3.- Dificultades del Proyecto

De todas las dificultades que tuvo el proyecto, el autor quiere hacer hincapié, entre otras, en las dificultades ligadas a las logísticas del transporte, dado que, el emplazamiento elegido carecía de infraestructura adecuada para el transporte de materiales y alimentos, que obligó al desarrollo de una adecuada red de infraestructura por la que circularon un volumen de carros que varió desde 30 hasta 300. (Cano,1994 p. 280) que unía, a las dificultades de transporte, las de logística de gestión, en todos sus aspectos, del gran volumen de carros y animales.

2.4.- Modelo de Gestión

Este modelo va a forma parte inherente del éxito del proyecto, ya que fue dinámico y evolucionó a lo largo de la vida de este. Los hitos principales para su avance están ligadas a las instrucciones reales.

A lo largo del Proyecto el Rey Felipe II edita varias instrucciones, que van a implicar cambios sustanciales y que de alguna manera responden a lecciones aprendidas hasta la fecha de su emisión. Los tres relevantes son¹:

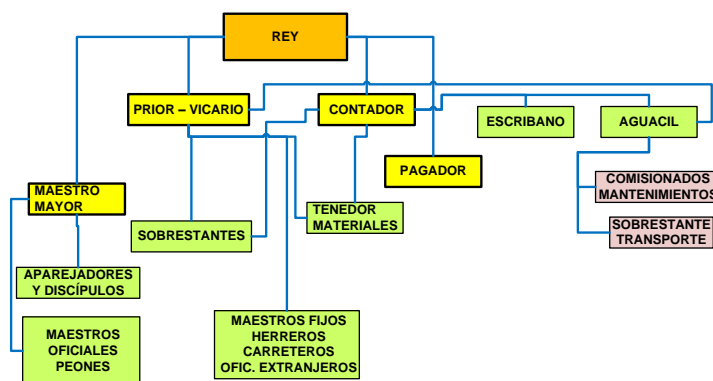
- “Instrucción para lo tocante al gobierno y ejecución de la fábrica del Monasterio de Sant Lorenzo el Real. [dada a 15 de agosto de 1563 años]”, es el momento de Juan Bautista de Toledo, como Maestro mayor
- “Cédula por la cual su majestad altera algunos capítulos de la instrucción que tiene dada para la obra del Monasterio de Sant Lorenzo el Real, y otras cosas que de nuevo por ella manda. [a doce de septiembre de mil quinientos y sesenta y nueve años.]”. Cuando se emite ésta, el Maestro Mayor Juan Bautista de Toledo ha muerto en 1567
- “Instrucción para el gobierno y prosecución de la fábrica y obra del Monasterio de Sanct Lorenzo el Real [dada en Aranjuez a 22 de octubre de 1572 años]” Esta es la de mayor impacto (desde el punto de vista de Juan Herrera). Desde el punto de vista de gestión de proyectos es la de mayor interés, pero queda, fuera del alcance este trabajo, el análisis en profundidad de esta instrucción.

En cada una de ellas se incluyen:

1. La identificación de:
 - el personal de interés
 - organismos para la resolución de conflictos
 - modelos de gestión documental (básicamente en la tercera)
 - establecimiento de sistemas soporte del proyecto
2. roles y responsabilidades

El modelo de gobierno y su evolución a lo largo del proyecto se puede observar en las Figuras 1, 2 y 3. Estas figuras se han obtenido de (de Gardoqui, 2006 pp.558,559.) y (Cano, 1994 pp.505-507)

Figura 1 Organigrama de designación contratación y administración instrucción de 1563



¹ Se mantiene el texto original de acuerdo con Zarco-Bacas, E. J. (1916)

Figura 2 Organigrama de designación contratación y administración instrucción de 1569

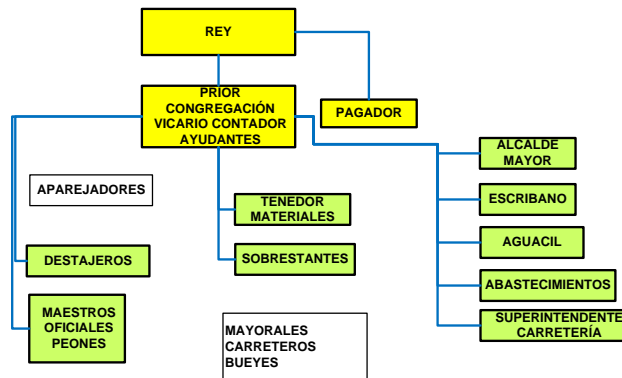
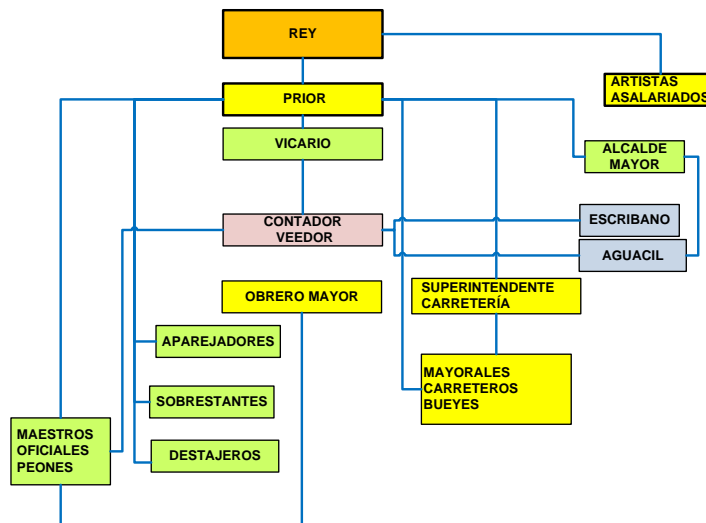


Figura 3 Organigrama de designación contratación y administración instrucción de 1572



En estos tres organigramas se pueden visualizar el personal de interés del proyecto. A continuación se analizan los distintos intervinientes:

- El Rey que aparece como máxima referencia (Es el que promueve y avala el proyecto). Como muestra del interés, del Rey por el proyecto, se incluye la tabla 1, en la que se detalla las veces que Felipe II manifiesta su interés en el proyecto a lo largo de la correspondencia con su secretario; elaborada a partir de la publicación realizada por (C Cano & Pérez, 2016)., La búsqueda de estos textos, solo se ha realizado en esta colección de correspondencia, que es solo una parte de la correspondencia real.

Tabla 1 Referencias al Monasterio del Escorial en (Cano & Pérez, 2016)

Referencias en relación con:	Nº de referencias
Aspectos del proyecto	26
El estado de salud de los participantes	1
El grado de avance del proyecto	11
La financiación	8
La logística del transporte	1
Las donaciones a la biblioteca	1
Las formas de trabajo	1
Las reliquias	1
Los jeronimos del monasterio	2
Los materiales	3
Los Salarios	2
Total referencias	57

El Rey intervendrá en múltiples ocasiones, de forma directa, como será, por ejemplo, para validar la propuesta de mejora de procesos de labrado en canteras.

- Los Jerónimos, van a ser los inquilinos y están representados por los Piores y en la tercera instrucción se le añade el Vicario. El número de priores a lo largo de proyecto serán 5. Van a estar presentes desde el inicio del proyecto y serán copartícipes, con el Rey, en la búsqueda del emplazamiento.
- La contaduría que va a estar presente desde inicio del proyecto
- El Maestro Mayor, a partir de 1563, le va a corresponder a Juan Bautista de Toledo. Esta figura desaparecerá con la muerte de Juan Bautista. Su sucesor, Juan de Herrera, a partir de 1567, ocupa una nueva posición, fuera de la figura del Maestro Mayor, que le libera de las funciones a pie de obra, con lo que, pasará a tener funciones similares al arquitecto, y en algunos casos de consultor. Este apartado va a permitir una notable mejora en el desempeño de Juan de Herrera permitiéndole el trabajo a distancia, haciendo posible la independencia del diseñador de la obra y va a obligar a un desarrollo importante en la precisión de la traza y a un proceso de gestión documental. (Zerner, 1996, p.64).
- Los aparejadores que van a estar ligados al desarrollo y modelo de contratación de la obra: que serán la tasación y los destajos
- Los sobrestantes como órgano inferior de gobierno
- El Obrero Mayor, Antonio de Villacastín, figura crítica, que es considerado como *aparejador de todo* (Kubler, 1983, p.58) y que va a controlar la obra de forma exhaustiva y va a intervenir de forma clara en la resolución de conflictos (caso del conflicto con los canteros en 1577).
- La Congregación, que gestionará: la contabilidad, la justicia, la inspección, la banca y los pagos (Kubler, 1983, p. 56)
- Los Destajeros, esta forma de contratación va a ser una forma de trabajo sistemática a partir de 1569. De hecho, la construcción de la Basílica se llevará a cabo mediante diez destajos. (Kubler, 1983 p.63)

Forma parte del éxito de este proyecto el uso de los dibujos a escala que se utilizaron en todo el ciclo de la construcción, así como el proceso de validación de estos. De acuerdo Zerner (Zerner, 1996, p. 57) el dibujo pasará a representar el edificio y son la base para todas las decisiones de proyecto. En relación con el proceso de validación de nuevo se puede observar los roles y responsabilidades del modelo de gestión, ya que Herrera es el autor de los dibujos éstos son validados por el Rey y a continuación son recibidos por el Prior que desarrollaría lo indicado en ellos, a continuación, los aparejadores realizaban tres copias (una destinada al archivo del Prior, otra destinada a ellos mismos para que pudieran realizar las anotaciones que consideraran necesarias, y otra para los contratistas para que pudieran calcular los costes y realizar la construcción). Los contratistas debían de seguir los dibujos con exactitud y el

cobro del dinero, por la obra realizada, se realizaba comparando la obra con los dibujos e instrucciones, lo que implica un modelo de traza con un alto grado de precisión.

Como resumen se puede comprobar que el modelo de gestión, fue un modelo dinámico que fue evolucionando a lo largo del desarrollo del proyecto, de acuerdo con las distintas Instrucciones, y permitió un desarrollo de los diferentes equipos que de alguna manera culminaron en el desarrollo de las obras de la Basílica, en la que se coordinaron diez destajistas y que permitió un desarrollo óptimo de las obras. Los tiempos utilizados en la construcción de la Basílica, desde licitación (1575) inicio de construcción (1576), hasta la última piedra de la fábrica de cantería (1584) (Sigüenza, P. J. D. 1881), son periodos de tiempo asombrosos incluso hoy en día para una obra de estas características y que da una idea del óptimo modelo de gestión utilizado.

2.5.- Financiación

La financiación del Proyecto, de acuerdo con el Profesor Gardoqui (Gardoqui, 2002, cap.1), presenta un modelo estable (con alguna excepción) a lo largo de la duración de este. En todo momento el Rey es el garante de la financiación del proyecto. Las fuentes de financiación fueron:

- Prestamistas profesionales, como la familia Spínola de banqueros genoveses (que fueron excluidos de la suspensión de pagos de 1575), su impacto es del orden del 32%.
- Suministros procedentes de Indias
- Los impuestos
- Las rentas y beneficios que genera el propio Monasterio
- Otras fuentes

No hay duda de que esta estabilidad financiera contribuyó de forma decisiva al éxito del proyecto.

2.6.- Innovación

Para el análisis de la innovación en el proyecto, se va a enfocar tres áreas, que son las de:

- ✓ La gestión de Recursos humanos
- ✓ Los procesos de trabajo
- ✓ Las técnicas constructivas

En cada una de ellas, solo se destaca aquellos aspectos que se han considerado relevantes y que se detallan a continuación

2.6.1.-La gestión de Recursos humanos:

La gestión de recursos humanos en un proyecto de esta magnitud es crítica desde todos los puntos de vista: productividad, retención del talento, riesgos laborales etc. De todos ellos se han considerado relevantes, los siguientes

El ligado a la salud de los trabajadores; “El hospital de laborantes” (1563-1599) que se funda al inicio de la construcción con una capacidad 10 a 11 camas y llegará a disponer de más de 50 en la década del setenta (Sigüenza, 1881, p.46); “*para que en él se curen algunos enfermos del dicho lugar (de El Escorial) y otros lugares comarcanos*” (Brime & Arandojo 2016, p. 7). Este apartado se anticipa, por su preocupación por la salud de la población del proyecto.

Otro apartado es la exención impositiva a los trabajadores del Monasterio. Aunque este apartado originó roces con los habitantes de la zona.

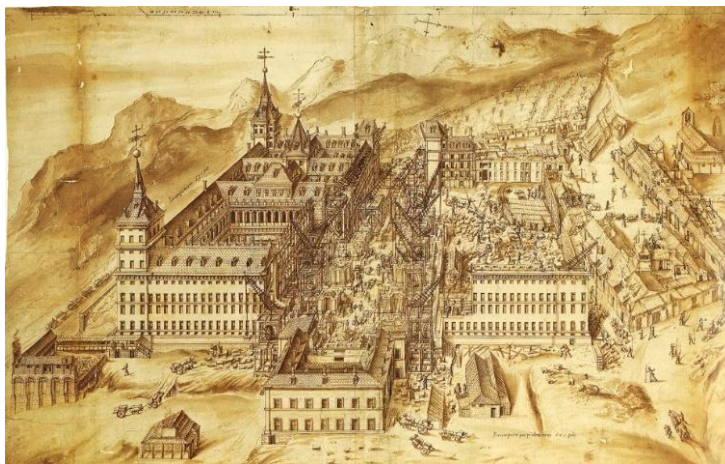
2.6.2.-Los procesos de Trabajo

En relación con los procesos de trabajo hay que advertir que, en ellos, Juan de Herrera actúa como arquitecto y consultor. De los procesos que se innovaron se pueden destacar los siguientes:

El de, la labra en cantera (Aramburu-Zabala 2003, p.79). que consistía en que la labra de la piedra se realizara en la cantera, para que, posteriormente las piedras eran llevadas en carro y dado que las piedras estaban labradas no se descargaban, sino que eran alzadas mediante grúas. Este proceso obligaba a una coordinación entre labra, transporte y construcción, con un mayor coste en el inicio y un menor coste en el ciclo de vida de la construcción ya que permitía una disminución de los tiempos de ejecución. Este proceso fue validado por el Rey el 7 de marzo de 1576.

El uso sistemático de grúas, el 13 de septiembre de 1575 llegan los modelos de ingenio que se fabricarán en octubre (Aramburu-Zabala, 2003, p.79), estas grúas utilizan dos ruedas que mejoraba su productividad (pues con este diseño, puede quedar en manos de un solo operario) las grúas que se usaron en el Proyecto ya existían, pero Herrera realiza una mejora añadiéndole la cámara que le permite crecer fácilmente en altura, junto con un modelo de cabria. (Kubler, 1983, p.47). Estas grúas se utilizaron profusamente como se puede comprobar en el magnífico dibujo de Fabricio Castello “El Escorial en construcción” de 1576 conservado en Hatfield. House ver figura 4.

Figura 4 Fabricio Castell. Vista de El Escorial en construcción hacia 1576 (Hatfield House Cortesía de Lord Salisbury)



El del corte de piedras duras (Molino de Jaspes) (Martínez, 2016). En el retablo de la basílica intervienen piedras con distinto grado de dureza, las piedras que componen el retablo son de una dureza, según la escala de Mohs, que varía de 2 para la serpentina hasta 7 en el caso del Jaspe. En orden a la mejora del corte de dichas piedras se diseñó un molino, cuya fuerza motriz era el río Aulencia. Dado que ya existía un molino de harina para suministro del Proyecto, se amplió para que con el mismo aporte hidráulico se proporcionara fuerza motriz para el corte de las piedras. Este molino fue desarrollado por Jacome da Trezzo y Juan de Herrera. Su construcción comenzó el 1579 (finalizado el molino de harina) y finalizó en 1581, continuo su funcionamiento hasta 1587, pasando después a ser utilizado como molino de

papel. Este molino permitió reducir los tiempos de construcción del retablo, funcionó de forma continua, con excepción de paradas debidas al bajo caudal del Aulencia. La experiencia, en este molino según (Martínez, 2016), puede haber sido el origen del encargo real, a Juan de Herrera, de la fábrica para la acuñación de moneda de Segovia (la mayor de la época) cuyas obras comenzaron en 1583. En este caso, el aporte hidráulico para la fuerza motriz era del río Eresma, que se utilizó para accionar grandes ruedas que se utilizaban en diferentes usos de la Ceca, el modelo de aporte hidráulico fábrica fue reformado por Sabatini en 1771 (GROMA, Estudio de Arqueología y Patrimonio) esta fábrica estuvo operativa hasta la puesta en marcha de la Casa de la Moneda de Madrid en 1868 (Feria R. 2007), (p.173).

2.6.3.- Las técnicas constructivas.

En relación con las técnicas constructivas se pueden destacar las siguientes:

Las cubiertas, Herrera diseñó un plan para las cubiertas que abarataba los costes del realizado por Gaspar de la Vega (Aramburu, 2003, p.53). En palabra de Herrera citadas en la anterior referencia *“Habiendo muerto Juan Baptista de Toledo, y no dejando declaración ni traza de los tejados de los cuartos de S. Lorenzo, y habiéndose mandado hacer a Gaspar de Vega un modelo de los dichos tejados, costosísimos de hacer y de sustentar, yo di orden y forma para los hacer con la menos costa posible y con que el edificio quedase más hermoso y provechoso; y en que se ahorraron pasados de doscientos mil ducados”* (el 3.5% de costo total de la Obra).

Cerchas, Herrera inventa un nuevo tipo de cercha para las cubiertas del Monasterio (Moya, 1986).

Redes hidráulicas, Herrera diseña la red de distribución de aguas y saneamiento del Monasterio (Moya, 1986).

2.7.- El éxito y reconocimiento Real

El Monasterio se convierte en un proyecto de éxito, dado que: satisface las expectativas del promotor, se hace en un tiempo mínimo para los modos de construcción de la época y a unos costes razonables para el tipo de proyecto realizado.

Como consecuencia de este éxito Herrera intervino en otras obras reales como la Casa de La Moneda ya citada, el palacio Real de Lisboa (Paço de Ribera), que desgraciadamente desapareció en el terremoto de Lisboa en 1755 y la Lonja de Sevilla: (Zerner, 1996, pp.83-87) entre otros.

Para revisar el apartado del reconocimiento real, a Juan de Herrera, es conveniente recurrir a los textos que se conservan del Rey, de ellos se pueden destacar:

1563 • *“El Rey.-Nuestro pagador que sois o fuéredes de las obras del alcázar de esta villa de Madrid y casa del Pardo, sabed: Que habiendo tenido relación de la habilidad que Joan de Herrera tiene en cosas de arquitectura le hemos recibido como por la presente le recibimos para que nos haya de servir y sirva en todo lo que fuera mandado, dependiente de la dicha de su profesión, y se le ordenare por Juan Bautista de Toledo, nuestro arquitecto a quien ha de acudir a tomar órden de las obras y cosas que conviniere hacerse para nuestro servicio: y nuestra voluntad es que se le paguen para su entretenimiento a razón de cien ducados al año que montan treinta y siete mil quinientos maravedíes, de los cuales ha de empezar a gozar desde el día de la fecha desta nuestra cédula... Fecha en Madrid a 18 de Febrero de 1563- Yo el Rey.-Pedro del Hoyo”* (Picatoste, 1891, p.144).

También llega por el 1566 en orden al análisis de un ingenio de elevación que ha presentado un destajero el Rey manifiesta *“que lo haga mucho enhorabuena y si no fuere tal será*

menester apretar a Juan Bautista que los haga y en esto creo yo era bueno ocupar a Herrera que creo lo entiende bien". (Aramburu, 2003).

En la Cédula Real de 14 de marzo de 1567 en la que se independiza de Juan Bautista de Toledo, en ella el Rey dicta que [*"acatando su habilidad", le sube el salario de 100 a 250 ducados, con carácter retroactivo a fecha de 1 de enero, "con obligación de que haya de servir y sirva en todo lo que por Nos y nuestros ministros le fuere ordenado y mandado, dependiente de su profesión, y haya de residir donde se le mandare, y acudir y salir adonde y a las partes que menester fuere, sin que por razón de estas salidas y caminos haya de pedir, ni se le de otra cosa alguna"*]. (Aramburu, 2003).

El 28 de marzo de 1571 *el rey ordena que se le haga un aposento a Juan de Herrera en la villa de El Escorial, puesto que "va y ha de ir de ordinario en nuestro servicio cuando vamos al Escorial a ver y visitar esa obra: y porque habiéndonos hecho relación que no tiene, ni se le ha dado, ni señalado aposento donde poder estar y tener las trazas y otros papeles de su cargo, que lleva consigo, tocantes a la dicha obra..."*. La casa, que se situaba al lado de la caballeriza real, estaba enfrente del aposento real. (Aramburu, 2003, p.51)

14 de septiembre de 1577 El rey le aumenta el salario y en su justificación utiliza el siguiente razonamiento *"por lo que ha servido y sirve continuamente en lo tocante a nuestras obras y arquitectura: y teniendo consideración a lo bien y al cuidado con que lo ha hecho, y el que se espera terná de aquí adelante, y a su mucha suficiencia y habilidad"*. (Aramburu, 2003, p. 56)

1578 Trezzo funde una medalla en homenaje a Juan de Herrera en la que aparece con el siguiente título *"Juan de Herrera, arquitecto de Felipe II, Rey de las Españas"*.

En 1579 Juan de Herrera es nombrado Arquitecto y Aposentador Mayor de Palacio

En 1582 El Rey se refiere a Juan de Herrera como *"Nuestro arquitecto"* (Kubler, 1983, p 48).

En 1582, como manifiesta Llaguno (Llaguno, 1829, p 141). *"Aspiraba principalmente a la estimación del Rey, y en esa parte logró cuanto podía desear, así en su profesión, como fuera de ella. Nada lo prueba tanto como la confianza que de él hizo a fines de 1582. Deseaba el Rey hubiese en Madrid una academia de matemáticas y arquitectura civil y militar; hallándose en el Lisboa determinó se formalizase tan útil establecimiento luego que volviese a Castilla, y para ejecutarlo recibió, por criados suyos a Juan Bautista Labaña, Pedro Ambrosio de Onderiz y Luis Georgio, con los destinos que constan de tres cédulas dirigidas al pagador del alcázar de Madrid con fecha de 25 de diciembre 1582."*

3.- El proyecto Academia Real Mathematica (ARM):

Estando en Lisboa, acompañando al Rey Felipe II, para su toma de posesión del Reino de Portugal, Juan de Herrera le hace ver al Rey la situación de enseñanza de las matemáticas en España, mientras que la situación en Portugal era mucho más favorable al estudio de la matemática.

La opinión de Herrera acerca de la situación de la matemática en España es expuesta con absoluta crudeza en su obra *"Institución"* ver (Herrera 'et al.', 1995 p.48). *"aunque, en nuestras Vniversidades y estudios enseñaban matemáticas apenas encontraba en ellas quien con fundamento de principios sepa ni pueda discernir lo falso de lo cierto ni existe diferencia entre los profesores verdaderos de los que sin serlo se toman nombre y títulos de facultades y artes que no entienden"*

El Rey, ver (Barreno, 2006, p. 3). en la creación de la *"Academia Real Mathematica"* afirmaba que: *"su deseo era que en nuestro reino haya hombres expertos que entiendan bien las matemáticas y la arquitectura y las otras ciencias y facultades anejas..."*

“para el beneficio de nuestros súbditos y la provisión en nuestro reino de hombres con destreza en matemáticas, arquitectura y otras ciencias, hemos adoptado en nuestro servicio... para que organice en nuestra corte materias relacionadas con la cosmografía, geografía y topografía, y a la vez enseñe matemáticas en la forma y lugar en que ordenemos.”

El Rey establece como director de la Academia a Juan de Herrera.

En la citada obra de la *Institución de la Academia real Matemática*, se expone de manera clara el objetivo de esta, que no es otro que el de dar formación matemática a los alumnos que realizaran los estudios en ella.

En la misma Juan de Herrera establece que profesiones deben de tener una formación reglada de matemáticas, que son:

Aritméticos, Geómetras, Músicos, Cosmógrafos, Pilotos, Arquitectos & fortificadores, Ingenieros & Maquinistas, Artilleros, Fontaneros, Horologiográficos, y Perspectivos

Para cada uno de ellos Juan de Herrera establece las materias en las que se deben de formar.

Sobre el objetivo de esta institución, el autor cree que ha existido cierto proceso de desenfoque: para lo cual se van a analizar dos opiniones de dos matemáticos españoles, que como se puede observar, mantendrán opiniones dispares.

El Académico Rey Pastor, establece que es un *hecho capital en la historia de las ciencias exactas en España*. (Rey-Pastor, 1934, p.129).

El profesor Dou por el contrario manifiesta que es: *“Otra institución de enseñanza técnica” ... , “la Institución iba dirigida a formar técnicos: arquitectos, cosmógrafos, cartógrafos, ingenieros militares, etc.”* (Dou, 1990, p.157)

A la vista del manuscrito de Juan de Herrera sobre la Institución, es evidente que el profesor DOU se acerca más claramente a la misión de la Institución. Aunque, el Académico Rey Pastor tiene también razón puesto que de haber perdurado la Academia, probablemente, hubiera podido permitir un desarrollo de las matemáticas, de igual forma que luego tendría lugar en las Escuelas Técnicas Francesas, conviene recordar, a título de ejemplo, que el matemático Agustín Louis Cauchy, cuya importancia en la historia de la matemática está fuera de toda duda procedía de la Escuela Politécnica de París, de la que fue profesor y que esta Escuela se convierte en un motor que va ayudar al desarrollo de la matemática y otras disciplinas científicas.

Es opinión del autor que estamos ante un hecho revolucionario en la historia de la Ingeniería, pues con tres siglos de antelación en algunos casos y dos siglos en otros se revisa el modelo educativo de los técnicos. Es la primera vez en la que se establece que, profesiones que estaban basadas en el empirismo, necesitan formación reglada, y este planteamiento ocurre por primera vez en Europa. Y es, Juan de Herrera un profesional, que viene del empirismo el que lo plantea; en una comunidad educativa, para la cual, estas profesiones no existían en su cartera de estudios. La Casa Real de la mano de Juan Herrera establece la necesidad de formación. Por tanto, es sorprendente la afirmación del profesor Dou cuando habla de *“Otra Institución de enseñanza técnica”* ya que no existía ninguna. Las primeras aparecerán en el ámbito militar; para la Academia de Milán hay que esperar hasta 1604, la de Bruselas en 1657, y por último a la Academia Matemática de Barcelona, le queda más de un siglo. Teniendo en cuenta que la Academia es de aplicación tanto al ámbito civil como militar. Y faltan más de dos siglos para las primeras escuelas de ingenieros en España y más de siglo y medio para la Escuelas de Ingenieros civiles francesas. Es la primera vez que se quiere actuar sobre una oferta de formación reglada en el entorno técnico.

En opinión del autor los Reinos de España y Portugal tuvieron una oportunidad de liderazgo en formación reglada, para ingenieros, que fue desaprovechada.

4.- A modo de conclusión

Si se vuelve a los protagonistas de este relato: El Director de Proyecto (Juan de Herrera) y el Patrocinador y dueño de este (El Rey Felipe II), parece claro que:

1. El Monasterio del Escorial fue un proyecto de éxito, por las razones enumeradas. Básicamente porque se cumplen los objetivos del cliente y gran parte de ese cumplimiento tiene su origen en una práctica continua de la innovación.
2. El Rey reconoció la labor de Juan Herrera en el proyecto y como se ha visto a partir de los textos reales, se ve una evolución creciente en la confianza de Rey Pen Juan de Herrera. Y esto se puede comprobar tanto desde el punto de vista retributivo como desde el punto de vista de su carrera que acaba como aposentador real.
3. Como consecuencia del éxito Juan Herrera realizó nuevos proyectos para el Rey Felipe II: *Arquitectónicos*, entre los cuales merece especial mención la fábrica de la moneda de Segovia (que es un edificio industrial). *Otro tipo de proyectos* al hacerse cargo del desarrollo de un proyecto formativo revolucionario en el campo de la formación reglada dirigida a profesiones que venían de un modelo empírico.
4. Por tanto el éxito del proyecto del Monasterio fortaleció la relación de confianza entre ambos, permitiendo el desarrollo de nuevos proyectos y de ideas creativas con un alto valor añadido para la sociedad de la época.

Y desde la experiencia, en dirección de proyectos, del autor, esta relación, se sigue repitiendo, de forma continua, hasta nuestros días.

Bibliografía

Aramburu-Zabala Higuera, M. Á., Aberasturi, A. C., & Varea, C. L. (2003). *Biografía de Juan de Herrera*. Santander: Fundación Obra Pía Juan de Herrera.

Barreno, P. G (2006). Avatares de la academia de Academia de Matemáticas de Felipe II, en: Institución de la Academia Real Matemática. Juan Antonio Yeves Andrés, Ed. Madrid: Instituto de Estudios Madrileños, 2006. pp 135-195.

Brime, C.& Arandojo. (2015, noviembre). El enfermero mayor en el hospital de San Lorenzo el Real de el Escorial (1563-1599), Ponencia presentada en el *II Simpósio Internacional de História de Enfermagem* (9-10 noviembre), Lisboa.

Cano de Gardoqui García, J. L. & Pérez de Tudela Gabaldón, A (2016) La correspondencia de Felipe II con su secretario Pedro de Hoyo conservada en la British Library de Londres (1560-1568)", Universidad de Valladolid

Cano de Gardoqui, J. L. (2002). *Aspectos económicos relativos a la fábrica del monasterio del Escorial*. En Instituto Escorialense de Investigaciones Históricas y Artísticas. *El monasterio del Escorial y la arquitectura. Actas del simposium* (pp 123-174). San Lorenzo del Escorial.

Cano de Gardoqui García, J. L. (1994). *La construcción del Monasterio de El Escorial: historia de una empresa arquitectónica*. Servicio de Publicaciones, Universidad de Valladolid.

de Gardoqui García, J. L. C. (2006). Architect and Master Builder at the Monastery of Escorial (1563-1567). *Proceedings of the Second International Congress on Construction History [Volume 1]* (pp 543-559)

Herrera, J de. & Díaz, J.S., & Vera, L.C. (1995). *Institución de la Academia Real Mathematica*. Madrid: Instituto de Estudios Madrileños

De la Cuadra Blanco, J. R. (2015). *El Escorial y el Templo de Salomón*. Libro electrónico, enlace de descarga <https://www.bubok.es/libros/208821/El-Escorial-y-el-Templo-de-Salomon>

Dou, A. (1990). *Las matemáticas en la España de los Austrias*. En Instituto de Estudios Riojanos. *Estudios sobre Julio Rey Pastor (1888-1962)* (pp. 151-172). Logroño: Luis Español Gonzalez, editor

Feria, D. R. (2007). *La industrialización de la producción monetaria en España, 1700-1868*. VI Jornadas Científicas sobre documentación borbónica en España y América (1700-1868), (pp. 155-176), Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Iñarra, J.L (1997). Herrera y las grúas de la basílica del Escorial 104 Revista de Obras Públicas, (julio-agosto) número 3.367 (pp. 81-104)

GROMA, Estudio de Arqueología y Patrimonio. *Intervención arqueológica en la Casa de La Moneda de Segovia XV Congreso Nacional de Numismática* (Madrid, 28-30 octubre 2014), (pp. 1239-1256)

Kubler, G. (1983). *La obra del Escorial* (Vol. 3). Madrid: Alianza Editorial.

Llaguno, E. (1829). *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su Restauración*, (Vol. II). Madrid en la imprenta real, año de 1829.

Lorda Iñarra, J., & Martínez Rodríguez, A. (2000). Las grúas de Juan de Herrera. In Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción (2000), p 623-628 (pp. 623-628). Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, Universidad de Sevilla.

Martínez, F. V. S. (2016). *Estudio histórico-tecnológico de las serrerías de corte de piedras duras en el s. XVI. Aplicación al análisis y reconstrucción gráfica del molino de corte de mármol utilizado en la construcción del retablo mayor del monasterio de el Escorial* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid)

Moya Blanco, L. (1986). *Centenario del Escorial*. En Secretaría General Técnica, Ideas y Diseño (La Arquitectura). IV Centenario del Monasterio de El Escorial. Madrid: Centro de Publicaciones del M.O.P.U

Rey-Pastor, J. (1934). Los matemáticos españoles del siglo XVI (No. 1). Junta de Investigaciones Histórico-Bibliográficas.

Picatoste, F. (1891). *Apuntes para una biblioteca científica española del siglo XVI: estudios biográficos y bibliográficos de ciencias exactas, físicas y naturales y sus inmediatas aplicaciones en dicho siglo*. Madrid: Manuel Tello.

Ramón, N. P. Monasterio de San Lorenzo del Escorial. Universidad de Valencia

Schwartz, P (2010, febrero 4) ¿Cuánto costó el monasterio de El Escorial? Expansión. Obtenido de <https://www.civismo.org/es/articulos-de-opinion/cuanto-costo-el-monasterio-de-el-escorial>

SIGUENZA, P.J.D. (1881). *Historia primitiva y exacta del Monasterio del Escorial escrita en siglo XVI. Historia primitiva y exacta del Monasterio del Escorial escrita en siglo XVI*. Madrid: Manuel Tello

UNE-ISO 21500:(2013) *Directrices para la dirección y gestión de proyectos*. Madrid: AENOR

Zarco-Cuevas, J. (1916). Documentos para la historia del monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial (Vol. III). Editorial Cimbório 1990

Zerner, C. W. (1996). *Juan de Herrera: arquitecto de Felipe II* (Vol. 8). Madrid: Ediciones Akal.

Agradecimientos

A José Ramón Burgos