

Ingeniería Civil

NÚM. 181/2016

ISSN: 0213-8468



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS



SUMARIO Nº 180

Estudio sobre la concentración de cloruros en superficie de hormigones de estructuras españolas en ambiente marino.
Study of the concentration of chlorides at the concrete surface in spanish structures exposed to marine environment.

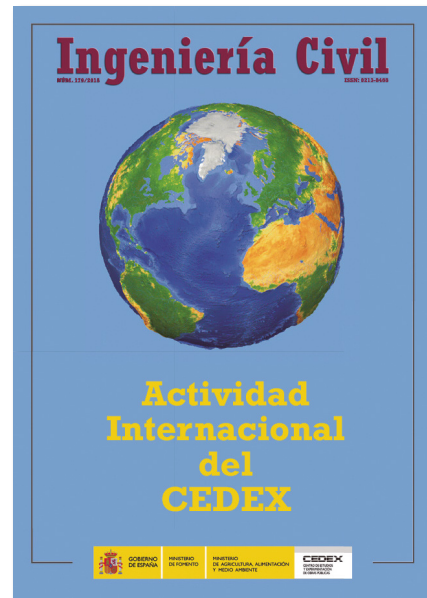
Aplicación de ensayos de centrifuga en distintas técnicas de mejora del terreno.
Application of Centrifuge Test in Several Ground Improvement Techniques.

Criterios actualizados para la enseñanza de la geología geotécnica en cursos de postgrado.
Updated criteria for geotechnical geology teaching in postgraduate courses

Los recursos humanos y la huella ecológica portuaria
Human resources and the ecological footprint of ports
Deslizamiento de Leintz Gatzaga: instrumentación geotécnica y monitorización del movimiento con técnicas terrestres y espaciales. Proyecto EOSLIDE.
Leintz Gatzaga landslide: geotechnical analysis and monitorization with terrestrial and radar techniques (EOSLIDE project)

Caracterización experimental y numérica de columnas de resina poliéster reforzadas con cascarilla de arroz y sometidas a carga axial.
Experimental and numerical characterization of columns made of rice husk reinforced polyester resin and subjected to an axial load.
Equivalencia de tasas de transporte de masa en los cauces naturales bajo la condición de "equilibrio dinámico": un nuevo método de estudio de sus características mediante trazadores.
Equivalence of mass transport rates in natural streams under the "dynamic equilibrium" condition: a new study method of its characteristics by means of tracers.

Experiencias de utilización de materiales marginales y especiales en terraplenes viarios en España.
Spanish experiences with marginal and special materials on the construction of road embankments.
Las Medidas Naturales de Retención de Agua: del diseño a la implementación a través de proyectos europeos.
Natural Water Retention Measures (NWRM): from Design to Implementation through European Projects.



SUMARIO Nº 179

Materiales estructurales para la solución puente, relacionados con el proyecto de enlace fijo a través del estrecho de Gibraltar.
Advanced structural materials for the suspension bridge solution of the project to establish a permanent link over the strait of Gibraltar
Replanteamiento constructivo del Puente del Enlace Fijo a través del Estrecho de Gibraltar. *Bringing back the bridge solution to establish a fixed link over the Strait of Gibraltar.*

Evolución de las obras de fábrica incluidas en los itinerarios históricos en España y Marruecos.
The evolution of historical masonry-made works along historic routes in Spain and Morocco.
Hormigón reciclado estructural: utilización de árido reciclado procedente de escombros de hormigón.
Structural recycled concrete: utilization of recycled aggregate from construction and demolition wastes.

Las geomembranas sintéticas poliméricas en la impermeabilización de balsas en el Reino de Marruecos.
Polymeric synthetic geomembranes in reservoirs waterproofing in the Kingdom of Morocco.

Geotextiles y productos relacionados utilizados en la impermeabilización de balsas. Situación en Marruecos.
Geotextiles and related products used in the waterproofing of reservoirs. Situation in Morocco.

Caracterización geotécnica mediante ensayos in situ y de laboratorio de algunas formaciones geológicas presentes en la traza de la Futura Conexión Fija entre España y Marruecos a través del estrecho de Gibraltar.
Geotechnical characterization through in situ and laboratory tests of several geological formations present in the route of the Future Fix Connection between Spain and Morocco through Gibraltar Strait.

Experiencias de utilización de materiales marginales y especiales en terraplenes viarios en España.
Spanish experiences with marginal and special materials on the construction of road embankments.

Las Medidas Naturales de Retención de Agua: del diseño a la implementación a través de proyectos europeos.
Natural Water Retention Measures (NWRM): from Design to Implementation through European Projects.

Actuaciones del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) del CEDEX en el despliegue Europeo ERTMS.
The Role of Cedex's Railway Interoperability Laboratory (RIL) in the European ERTMS.

Actuaciones del Centro de Estudios del Transporte en Marruecos.
Performances of Centro de Estudios del Transporte in Morocco.

Apoyo del CEDEX a las actuaciones del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento.
CEDEX's supporting activities through the Cooperation Fund for Water and Sanitation.

Actividad investigadora del CEDEX en la Antártida. Ecosistemas acuáticos de la Península Byers (Isla Livingston, Antártida marítima).

CEDEX research activities in Antarctica. Aquatic ecosystems in Byers Peninsula (Livingston Island, maritime Antarctica).

Ingeniería Civil

NUM. 181 - ENE.FEB.MAR. - 2016

CEDEX

Centro de Estudios y Experimentación
de Obras Públicas

Publicación incluida en el Programa Editorial para 2016



COMITÉ DE REDACCIÓN

Presidente

Miguel González-Portal

Vocales

Víctor Elviro García

Antonio Lechuga Alvaro

Pablo Mira McWilliams

M^a Ángele de Pablo Sanmartín

Laura Parra Ruiz

Francisco Javier Sainz de Cueto Torres

Jaime Tamarit Rodríguez de Huici

Comisión Asesora

Antonia Berjaga Peralta

Fernando Magdaleno Mas

Cristina de Santiago Buey

Secretaría

Ana García Neri

Olga Sánchez de la Torre

Colaboradores

Javier Plasencia Jiménez (Fotografía)

Jose Carlos Pacheco Díaz (Redacción)

REDACCIÓN

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

Alfonso XII, 3 - 28014 Madrid

Tel.: 913 35 72 69 - Fax: 913 35 72 49

e-mail: ingcivil@cedex.es

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) no se hace responsable de las opiniones, teorías o datos publicados en los artículos de Ingeniería Civil, siendo ello responsabilidad exclusiva de sus autores.

COORDINACIÓN DE PUBLICIDAD

CloudBridge, S. L.

C/ Reina, 38 1º Derecha, 28014 Madrid

Tel.: (+34) 606 30 26 91 | daniel.casajus@cloudbridge.es

PRECIO DE ESTE EJEMPLAR: 12,25€

I.S.S.N.: 0213-8468 - N.I.P.O.: 163-15-003-4

Depósito Legal: M-28150-1971

NUESTRA PORTADA: Maqueta de la exposición

Más Allá del Arco. Puentes de la Modernidad.

CEHOPU-CEDEX



Sumario

Bases del anejo nacional español del Eurocódigo EC-7 (proyecto geotécnico)

Theoretical framework for the Spanish National Annex to Eurocode 7 (Geotechnical Project)

José Estaire Gepp, Fernando Pardo de Santayana Carrillo y

Áurea Perucho Martínez

5

Algunas notas sobre El Faro de Alejandría

Some notes about The Alexandria Pharos

José María de la Peña Olivas

27

Empleo de los ensayos de tracción y doblado alternativo para estimar el deterioro por corrosión bajo tensión en un acero de pretensado

Use of tensile and alternative bent testing to assess stress corrosion cracking on prestressed steel

Laura Rodríguez Duro

37

Estudios de Puentes históricos en el CEDEX. Estudio Histórico del Puente Internacional de Tuy sobre el río Miño (Pontevedra)

Studies on Historical Bridges at CEDEX. Historical Study on Tuy's International Bridge over the Miño River (Pontevedra)

Dolores Romero Muñoz y Miguel Ruiz Cabrero

47

Herramientas para la predicción, optimización y control de depuradoras aplicadas a sistemas MBR

Tools for prediction, optimization and control of WWTPs applied to MBR systems

Luz Marina Ruiz Hernández, Jorge Ignacio Pérez Pérez, Gustavo Calero Díaz,

José María Torre-Marín, Juan Antonio Vico Jiménez,

Miguel Ángel Gómez Nieto

55

Defensa de los Países Bajos frente a los riesgos costeros. Cómo hacer de la necesidad virtud

Water management: making a virtue of necessity

José Manuel González Parejo

65

Zonificación geotécnica de la ciudad de Xalapa, Veracruz. México

Geotechnical characterization of Xalapa city, Veracruz, Mexico

Oscar Lenz

77

Estudio de la influencia del medio alcalino en la estructura y elongación de las fibras de henequén (Agave fourcroydes Lemaire)

Study of the influence of alkaline medium on the structure and stretch fibres

henequen (Agave fourcroydes Lemaire)

Magali Torres Fuentes y Fernando Fernández Urquiza

89

El patrimonio de las obras públicas y las exposiciones del CEHOPU. La difusión de la historia de las obras públicas

The heritage of public works and CEHOPU's exhibitions. The promotion of the history of public works

Dolores Romero Muñoz

95

José Antonio Jiménez Salas o el valor de los grandes maestros (1916-2000)

José-Carlos Pacheco

105

Instalaciones singulares del CEDEX

Laboratorio de simulación de tráfico

111

En la página 130 y en nuestra web <http://www.cedex.es> encontrará las normas para la publicación de artículos.

Algunas notas sobre El Faro de Alejandría

Some notes about The Alexandria Pharos

José María de la Peña Olivas^{1*}

Palabras clave

faros antiguos;

Resumen

El Faro de Alejandría, considerado una de las siete maravillas del mundo, da nombre a la propia estructura. Existen diversas reconstrucciones y estudios del mismo, desaparecido entre los años 1326 y 1349, todos los cuales han intentado transmitir su majestuosidad con los datos que nos proporciona la historia. En este artículo se presentan algunas notas sobre dicho faro, apreciándolo dentro del contexto portuario en que estaba y presentando la representación de él en el Papiro de Artemidoro.

Keywords

ancient lighthouses;

Abstract

The Lighthouse (Pharos) of Alexandria, deemed as one of the Seven Wonders of the World, gives its name to the structure. There have been several reconstructions and studies based on it, which disappeared between 1326 and 1349, all trying to convey its former majesty by using historical data. This article aims to provide some notes on the aforementioned lighthouse, which is shown within the port context in which it was situated. It will also present the way such a lighthouse is represented in the Papyrus of Artemidorus.

1. INTRODUCCIÓN

En el extremo de los fondos pedregosos que se unían con el Delta del Nilo, a poco más de 1200 metros de la costa, se situó uno de los primeros puertos exteriores conocidos mediterráneos; gracias a la conjunción de técnicas y culturas egipcia y minoica (el puerto antiguo de Faros). En el transcurrir del tiempo, los griegos de la mano de Alejandro Magno volvieron a redescubrir, acaso rememorando viejas colonias, fundaron la ciudad y puerto de Alejandría; situada en un punto de la costa donde los bajos rocosos se hacían más peligrosos para la navegación; edificando entonces el faro por excelencia en un islote en el extremo de la isla de Faros que dio nombre a la estructura. Su belleza y, acaso, su estructura espectacular hicieron de esta gran obra portuaria una de las Siete Maravillas del Mundo.

El faro de Alejandría se encuentra citado en muchos de los escritores clásicos; las citas más relevantes por su descripción son las de: Estrabón (XVII, 6) y Julio César (Guerras Civiles, III, 112, 1). Ya que otros como Plinio (XXXVI, 18) o, Suetonio (Calígula, 46; Claudio, 20) hacen únicamente mención de él; Plinio para indicar su uso y coste de construcción, y Suetonio como comparación con otros faros. Otros autores solamente mencionan la existencia del faro y su uso como ayuda a la navegación; siendo la cita más antigua un poema del poeta Poseidonios del 280 aC (Sánchez Terry, 1991), Aulo Gelio (X, 18), Diodoro Sículo, Luciano (Hípías II), Posidipos, Suidas, Flavio Josefo (Ant J., XVI, 142), San Isidoro de Sevilla (XV, 2, 37) o Eusebio de Bizancio. Pero, sin duda, las fuentes de la que han bebido los especialistas que se han atrevido a reconstruir el puerto provienen de la Edad Media, entre ellas cabe citar a (Sánchez Terry, 1991):

Ja-Qubí (siglo IX); Ibn-Rustah, Masudí e Ibn Hawqal (siglo X); Al Barrí (siglo XI); Edrisi, Abd al Latif, Ibn Yubarir e Ibn Al Sayj (el Andaloussi) (siglo XII); Ibn Wasif y Qazwini (siglo XIII); Abu-l-Ifida y Hamd Allah (siglo XIV); e Ibn al Wardy (siglo XV). Así como Ibn Faqih y Suyuti. Aunque de todos ellos la más importante e interesante es la descripción que de él hace el experto en arquitectura, el malagueño Ibn Al Sayj, al que algunos denominan el Andalusi, en su libro “Kitaf Alif Ba” o Libro del Abecedario; en el que describe con todo detalle el faro de Alejandría que ha servido a diversos autores como el español Otero Asín para su reconstrucción, no así para la más famosa reconstrucción de Thiersch (1909) ya que el citado libro se descubrió algunos años después (Sánchez Terry, 1991; Peña, 2005).

De toda la gran cantidad de mosaicos conocidos del periodo romano y bizantino, solamente se conoce, a ciencia cierta, uno sólo que reproduzca el faro de Alejandría, el que se encuentra en la basílica de San Marcos de Venecia, proveniente del siglo XII, y otro, del que se tiene noticias por un texto, que se hallaba en Libia, proveniente del siglo VI dC. Ni del puerto de Faros ni del de Alejandría existen mosaicos que reflejen cómo eran esos puertos.

Los planos antiguos son escasísimos: prácticamente sólo encontramos la Tabula Peutingeriana, copia del siglo XII de un original romano, y el llamado Papiro de Artemidoro, del siglo I aC. El primero de los planos refleja un faro de tres alturas; aunque no indica que sea el de Alejandría, aunque se puede suponer que es él, ni menciona la ciudad. Las versiones más modernas de Marco Velsero de 1598 y de Miller de 1887, alteran un poco el faro, siendo el original algo confuso es este tramo de costa. El Papiro de Artemidoro, del que he hablado anteriormente, parece que puede reflejar en su extremo superior, que habitualmente no se muestra, trazas de lo que fue el dibujo del faro. También es especialmente interesante el dibujo del faro que aparece en el mapa del Beato de Burgo de Osma, de 1086. El puerto de Faros no aparece en

* Autor de contacto: jose.m.pena@cedex.es

¹ Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, Madrid, España.

ninguna representación gráfica, aunque sí lo hace el puerto de Alejandría; pero ya muy transformado, como se encontraba en la Edad Media y Renacimiento, siendo de interés el que aparece en el *Civitates Orbis Terrarum* o el que realizó el turco Piri Reis (1465 a 1554).

Las monedas antiguas son otra de las fuentes gráficas usadas por muchos especialistas para los estudios del faro de Alejandría. En realidad, aunque parezca existen muchas, son escasas las representaciones del faro en el reverso de las monedas; habiendo encontrado las siguientes:

1. Dracma de Domiciano (81 a 96 dC)
2. Dracma de Trajano (98 a 117 dC)
3. Dracma de Adriano (117 a 138 dC): tres diferentes con dos reversos distintos de representación del faro
4. Hemi dracma de Adriano (117 a 138 dC): dos diferentes con reversos distintos de representación del faro
5. Dracma de Sabina, esposa de Adriano
6. Dracma de Antonino Pío (138 a 161 dC): dos tipos con el mismo reverso
7. HemiDracma de Antonino Pío (138 a 161 dC)
8. Dracma de Faustina la Mayor, esposa de Antonino Pío
9. Dracma de Faustina la Menor, hija de Antonino Pío y esposa de Marco Aurelio
10. Hemi dracma de Marco Aurelio (161 a 177 dC)
11. Tetra dracma de Cómodo (177 a 192 dC)

Como se puede apreciar, el periodo de tiempo que se representó el faro de Alejandría fue más bien pequeño; pero también lo fue el número de representaciones de los reversos de estas monedas, ya que solamente existen cinco tipos de reversos, con alguna ligera variante de todos ellos, que corresponden a:

- Tipo 1: Domiciano
- Tipo 2: Trajano y Adriano
- Tipo 3: Adriano, Antonino Pío y Faustina la Menor
- Tipo 4: Adriano, Antonino Pío, Marco Aurelio, Sabina y Faustina la Mayor
- Tipo 5: Cómodo

2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL FARO DE ALEJANDRÍA

El faro de Alejandría, sabemos que fue también transformándose. La fecha exacta de su construcción no se conoce con seguridad: Una inscripción en la ciudad cretense de Suda alude a ella situándola en el año 295 aC (Sánchez Terry, 1991); pero Plinio (XXXVI, 18) dice que su construcción se debió a Ptolomeo, lo mismo que hacen el poeta Poseidonios y Eusebio de Bizancio. Si hacemos caso a ambas fuentes, con toda probabilidad, como se indicó anteriormente, fuese proyectado durante el reinado de Ptolomeo Soter (305 a 282 aC) y finalizado en el reinado de su hijo Ptolomeo Filadelfo (284 a 246 aC). Debió sufrir varias reformas, de las que sabemos alguna de ellas, como son: Bajo Julio César se debió amurallar; Marco Antonio lo unió con la isla de Faros y probablemente le añadió un nuevo muelle de hormigón; Domiciano, Trajano, Adriano y Antonino Pío lo debieron reformar; y finalmente Marco Aurelio y Cómodo volvieron a intervenir en él, quizás variando la luminaria. No conocemos más obras y transformaciones

en el Faro, que debieron existir con toda seguridad; pero sí que cuando Alejandría pasó de manos del imperio Bizantino al nuevo poder imperante árabe, el faro estuvo a punto de ser derribado, por orden del gobernador Amr-Ben-Aolás (661 al 680 dC) o por el califa Salid-Ben-Abdelmelic Ben Meuran (705 al 715 dC) para encontrar un supuesto tesoro que albergaría, según las fuentes (Sánchez Terry, 1991). Es probable que entonces derribasen las estatuas que tenía el faro, al menos cinco de las que tengamos noticias. Poco tiempo después, en el año 796, se produjo un terremoto que afectó a la estructura; derrumbándose la parte superior, manteniéndose en este estado de deterioro hasta que el sultán de Egipto Ahmed Ben Ibn-Tuton (868 al 884 dC) repara la estructura y su parte superior la remata con una cúpula de madera. Entre el 950 y 956 aparecieron grietas en las paredes. En el año 995 se produce otro nuevo terremoto que causa nuevos desperfectos y el Faro pierde unos 22 metros de altura. En el año 1261 otro terremoto le hace perder más muro. En el año 1272, el sultán Salah el Din, el famoso Saladino, ordena su restauración, construyéndose en 1274 una pequeña mezquita. El 8 de agosto de 1303, un violento terremoto asoló el levante mediterráneo, siendo especialmente virulento en Alejandría, que debió dejar muy mermado al Faro. Su destrucción completa sucedió entre los años 1326 y 1349, como lo describe Ibn Santa, un viajero de Tánger (Clement, 1998).

3. FARO DE ALEJANDRÍA Y SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN DEL PUERTO

El puerto de Alejandría, era un grupo de instalaciones que se fueron situando a lo largo de las costas de la ciudad; en conjunto, mucho más compleja y grande de la que habitualmente se muestra, que debió tener un completo sistema de señalización; especialmente importante en el Gran Puerto, ya que su entrada era muy complicada debido a la cantidad de islotes y bajos rocosos que existían, como así lo dice Estrabón (XVII, 6). No es de extrañar, que Rickman (1988), cuando trata de la administración portuaria romana, se refiera al único dato que, hasta ahora, se tiene de una posible autoridad responsable de los sistemas de señalización; se trata de un papiro de Alejandría que cita a un “procurator Phari”, que bien pudo ser el director del puerto o el responsable de todo el sistema de señalización y accesos del puerto. En todo caso pone de relieve la importancia de este tipo de instalaciones. Pero ninguna de las fuentes clásicas, ni aún los estudios modernos tratan o se refieren a este sistema de señalización, que debió existir en muchos puertos, pero que en Alejandría era imprescindible, especialmente en la entrada del Gran Puerto.

La importancia del sistema de señalización portuaria se basaba en cumplir, al menos tres objetivos:

1. Localización del puerto desde el mar
2. Orientación precisa de la entrada
3. Indicación de las vías de entrada al puerto y sus diversas dársenas

La primera de ellas debía hacerse de tal forma que fuese diferente de todas las demás señales existentes a lo largo de la costa. No sabemos a ciencia cierta cuál serían estas diferencias, que probablemente viniesen referenciadas en los

portulanos de la época (Peña, 2005). Si conocemos que, de día esa diferencia se solía hacer mediante un símbolo puesto en el lado opuesto del faro en la bocana: que solía ser una estatua de grandes proporciones. También sabemos que el faro se situaba siempre en el lado más alejado de tierra de la bocana según se entraba al puerto (Peña, 2005); pero no conocemos las señales que se debía tener para diferenciar las diversas dársenas, y menos aun cuando existían bajos dentro del puerto en su aproximación que dificultaba y ponía en peligro la navegación. La lógica nos lleva a pensar que existirían señales que indicasen las canales de navegación dentro del puerto, casualmente, en el famoso Mosaico de Toledo, museo de Santa Cruz, existe en uno de los extremos de la zona perdida de éste una representación de una boya o señal marítima, de lo más curiosa, que el puerto de Alejandría, especialmente el Gran Puerto, debió tener en gran cantidad.

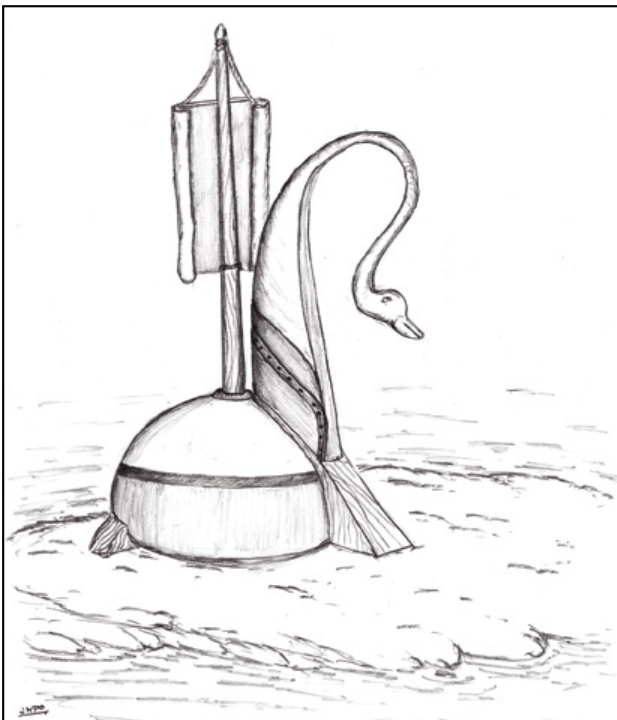


Figura 1. Boya de señalización portuaria romana que viene representada en el Mosaico de Toledo del museo de Santa Cruz. Elaboración propia.

La boya en cuestión tiene dos símbolos: el primero de ellos es una cartela que, probablemente, debía contener alguna indicación; el segundo es el cuerpo de un cisne que pudo indicar una dirección a seguir.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN PORTUARIA EN ALEJANDRÍA

A lo largo de la descripción de los diversos puertos que han existido en Alejandría, hemos ido viendo algunas de las señales marítimas que los investigadores han identificado, que resumiendo serían:

- En el Gran Puerto: Faro de Alejandría y señales interiores del puerto que dirigirían las naves por los canales de acceso a las diferentes dársenas.
- A lo largo de la isla de Faros hallamos un faro en mitad de la isla, que debiera dar acceso a algún puer-

to menor y señalar la costa. Y en la costa que mira al sur el faro otro que identificó Evans (1921), que pudo ser también un templo a Poseidón.

- En la entrada del Gran Canal, y el puerto Cibotus, debió existir un faro del que ninguna noticia tenemos.

Antes de entrar de lleno en la descripción del famoso faro: una de las siete maravillas del mundo; del que tenemos multitud de reconstrucciones (Sánchez Terry, 1991; Peña, 2005) y que en su gran mayoría se ocupan de la grandeza de un edificio y no de la importancia de un faro, como tal, olvidándose, en algún caso, hasta que su objetivo primordial era la señal que transmitía, siendo la principal de ellas la luz que emitía. Desde ese punto de vista, en este trabajo solamente me ocupé del faro como señal marítima; dejando a los demás las elucubraciones arquitectónicas, que, probablemente, no presidieron el objetivo principal, que no era más que ayuda a la navegación, como versaba la dedicatoria de su diseñador Sostrato de Cnidos: "...en nombre de los marineros a los divinos salvadores". Pero, porque construir un faro de esas proporciones: es difícil responder a esa pregunta, aunque podría tener diversas respuestas a la justificación de construir esa enorme estructura:

- Distinguirlo claramente del resto de las señales a lo largo de la costa.
- Diferenciarlo de la tradicional entrada y puerto importante cercano: La boca Canópica, donde probablemente habría un faro que indicase la entrada a río Nilo.
- Usarlo como torre de control de la entrada y salida de todos los puertos que tenía Alejandría; componiéndose como una capitanía general.

La distinción de esta torre, como los antiguos lo llamaban, construyéndola más alta que el resto de la costa cercana fue una práctica habitual que se hizo a lo largo de la historia antigua; conociendo algunos ejemplos en el periodo romano como: El faro del puerto de Augusto de Ostia, que era conocido como la Torre de mar Tirreno (Peña, 2005); o el faro de Gádir (Sánchez Terry, 1991; Peña, 2005) que debió conocerse como Torre de Hércules por la estatua de más de 4 m de altura que lo coronaba y que pudo tener una altura en torno a 70 m; o el faro de Brigantium, hoy conocido, por simpatía de su similitud estructural con el de Gádir, como Torre de Hércules, cuya luminaria se hallaba a más de 100 m sobre el nivel del mar.

Antes de la construcción del puerto de Alejandría, las mercancías provenientes del interior de Egipto y las que iban a él pasaban por las bocas principales del río Nilo, siendo la occidental más importante la Canópica. Para atraer ese flujo de tránsito por mar de mercancías, debía distinguirse del tradicional situado en Canopus; lo que obligó a esa construcción tan grandiosa.

Finalmente, los puertos tenían dos instalaciones de bastante relevancia en la antigüedad: la Torre del mar, o faro, y la capitanía portuaria que servía para dar acceso y entrada a los barcos, así como controlar sus maniobras. Habitualmente estas instalaciones se situaban a un lado y otro de la bocana de entrada al puerto; pero Alejandría tenía un gran problema: el lado izquierdo de entrada al puerto

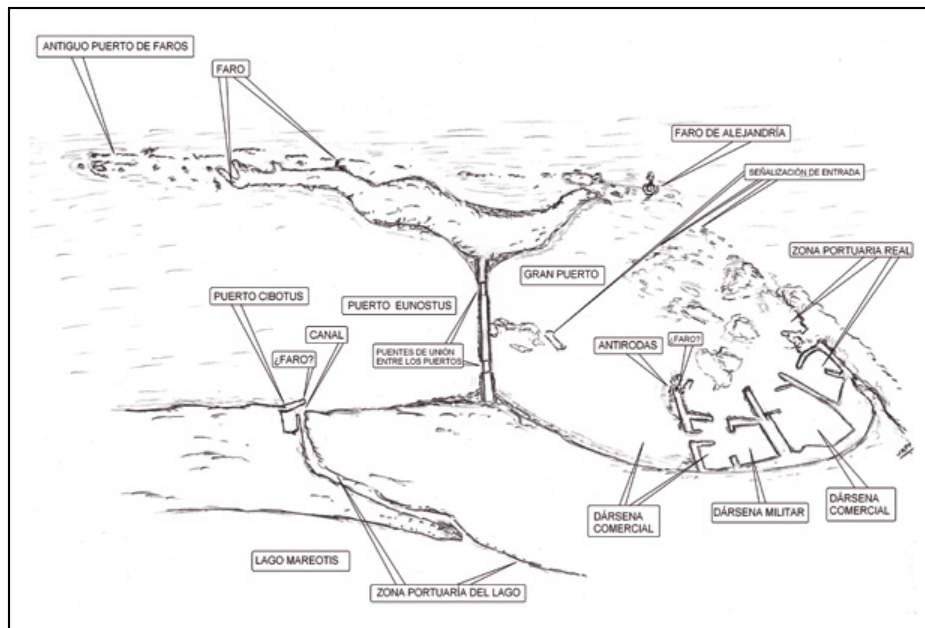


Figura 2. Diversos puertos de Alejandría y señalización identificada en ellos. Elaboración propia.

estaba formado, como nos dice Estrabón (XVII, 6) por bajos rocosos de muy difícil acceso; situándose el promontorio Lochias allí que fue usado para la construcción del palacio real; esta circunstancia hizo que se prefiriese construir la capitanía en el propio faro.

Su objeto es, mediante la luz de los fuegos en la noche, dar abrigo a los barcos, de los barcos vecinos y para señalar la entrada al puerto...”

(HISTORIA NATURAL)

5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FARO DE ALEJANDRÍA

No es el propósito de este trabajo realizar ninguna nueva reconstrucción del famoso Faro; de la que existen ya suficientes, más bien nos limitaremos a describirlo usando los datos que nos proporcionan las fuentes antiguas y los trabajos recopilatorios de información, que antes he enumerado. Para comenzar la descripción del famoso Faro de Alejandría se ha escogido lo que de él dice Plinio en el capítulo dedicado a los “Faros” (XXXVI, 18):

Para la construcción de esta torre se eligió una isla en el lado derecho de la entrada del puerto que fuese lo suficientemente grande para albergarlo que pertenecía al conjunto de islotes de la propia isla de Faros, que acabó dando nombre a las torres del mar. Se sabe se construyó rayando el siglo III aC; que según las fuentes oscila el inicio de las obras entre 295 y 285 aC, en el reinado de Ptolomeo Soter, lo que no se conoce cuando finalizaron, fechándolo algunos autores en el 247 aC a la muerte de Ptolomeo Filadelfo. Su forma y dimensiones, que tuvo en el periodo antiguo las conocemos gracias a las descripciones medievales, especialmente la dada por Ibn al Sayj, y las pocas representaciones que nos han llegado de la época. Además éstas nos indican también las posibles transformaciones que tuvo el faro. Para ello qué mejor que ir desgranándolas con las propias representaciones.

“... Hay también otro edificio que es soberanamente memorable; la torre que fue construida por el rey de Egipto, en la isla de Faros, en la entrada del puerto de Alejandría. Ellos dicen que el coste de su construcción fue de 800 talentos [un talento eran 6000 dracmas de plata, por lo que su coste fue de 4,8 millones de dracmas]; y no hay que omitir que el rey Ptolomeo mostró su benevolencia en este caso al permitir a al arquitecto Sostrato de Cnidus inscribir su nombre en el edificio [habitualmente no estaba permitido que los ingenieros o arquitectos pusieran su nombre en las construcciones].

Para su descripción se irá desde sus cimientos hasta la luminaria, y finalmente trataremos de sus accesos. La base de la torre se realizó construyendo los cimientos sobre la roca de la isla. Perimetralmente, se construyó un muro de anchura entre 6 y 8,5 m cuyo lado exterior se encontraba ligeramente inclinado siendo el interior vertical, con una cota de 6,5 m sobre el nivel del mar; que en el lado que miraba al puerto descasaba sobre la roca descubierta y del

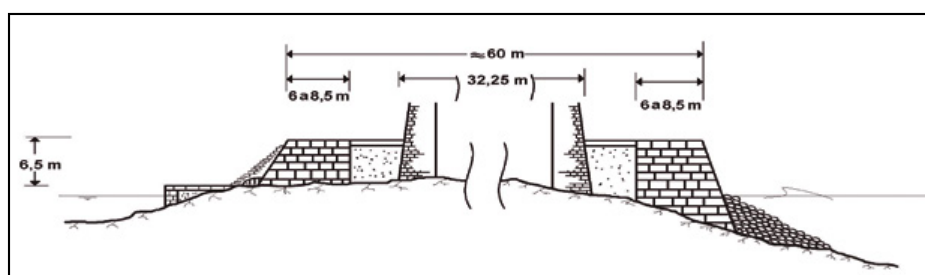


Figura 3. Esquema de la plataforma y cimentación del Faro de Alejandría. Elaboración propia.

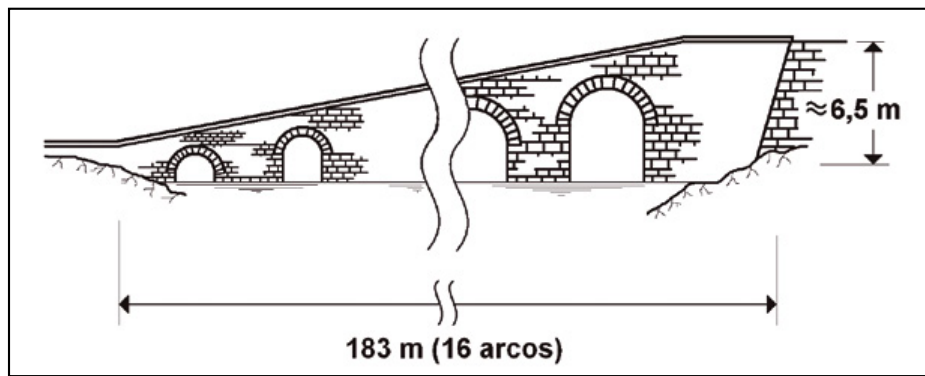


Figura 4. Esquema del puente que unía la isla de Faros con el faro de Alejandría. Elaboración propia.

lado del mar lo hacía bajo el fondo con una protección de escollera, al modo griego, hasta el nivel medio del mar.

Por tanto, el faro descansaba sobre una plataforma elevada cuadrada de unos 60 m de lado. Se accedía desde el mar por un muelle que miraba hacia el interior del puerto y desde tierra por un puente, que según nos relata Al Sayj, era de unos 183 m que lo unía con la isla de Faros y crecía gradualmente hasta alcanzar la superficie de la plataforma; indicando este arquitecto malagueño que el último arco era especialmente alto.

La estructura general del faro también nos la describe Al Sayj (Sánchez Terry, 1991): Era una torre de tres cuerpos, cuyas alturas midió con una plomada, siendo las dimensiones que da, las siguientes, teniendo en cuenta que las unidades de medida no tienen un valor único ni fijo, por lo que dependiendo del autor daría una u otra:

- Primer cuerpo:
 - Sección cuadrada de 180 pasos de perímetro
 - Altura de 31 brazas
 - Galería superior de 15 palmos
 - Muro o antepecho de 1 braza de altura
- Segundo cuerpo
 - Planta octogonal de 10 pasos de lado
 - Altura de 15 brazas
 - Azotea de 9 palmos de ancho
- Tercer cuerpo:
 - Planta circular de 40 pasos de perímetro
 - Altura 15 brazas
 - Rematado por una cúpula

Ahora bien; cuando midió Al Sayj el faro, éste ya había sufrido importantes transformaciones. Para conocer su aspecto exterior, podemos retroceder en el tiempo, utilizando las representaciones que conocemos de entonces. La primera de ellas es el Papiro de Artemíodoro que nos muestra parte de lo que pudo ser este faro.

Concretamente, el Papiro, siglos II y I aC, de Artemíodoro representa gran parte del primer cuerpo y parte del segundo cuerpo. Su dibujo no tiene mucha nitidez; pero los rasgos que han dejado muestran un primer cuerpo con las paredes con una cierta inclinación, al modo estructural egipcio, con franjas distintivas verticales y lo que podrían ser cuatro alturas sobre la puerta principal, de dintel recto. En la terraza, entre el primer y segundo cuerpo, no aparecen escultura alguna y sí una terraza con antepecho. El segundo cuerpo solamente aparece parcialmente, siendo compatible con la forma octogonal de su planta. Así pues, aunque el arquitecto

hubiese sido griego, Sostrato de Cnidus, la estructura que realizó fue típica egipcia de elevación con reducción de la sección de los muros e inclinación en sus paredes, del primer cuerpo. Esa inclinación la podemos determinar gracias a las palabras de Al Sayj, que dice midió su altura desde la terraza mediante una plomada (Peña, 2005); lo que muestra que la inclinación y retranqueo del muro en altura se compensaba con el voladizo que tuvo la terraza. Las franjas que aparecen en el primer cuerpo pudieran ser rebajes en el frente del muro o cambio de tipo de piedra de revestimiento.

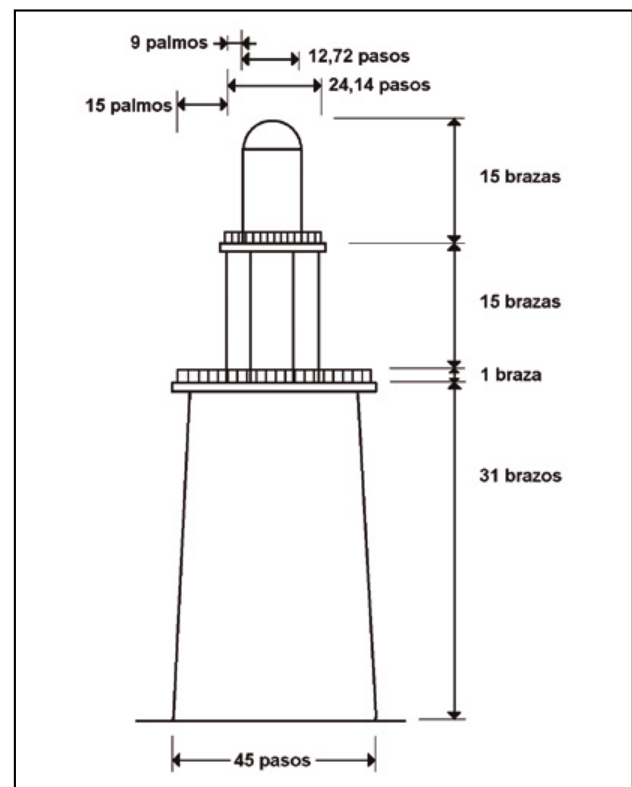


Figura 5. Medidas dadas por Al Sayj (1165) del faro de Alejandría. Elaboración propia.

El segundo cuerpo sabemos que era de planta octogonal de 10 pasos de lado y una altura que se situaría 15 brazas. Los valores de estas unidades era muy variable por lo que no puede con ello darse unas dimensiones exactas. Aparte del Papiro de Artemíodoro, aparece también representado en las cinco variedades de moneda emitidas en tiempos del dominio romano, que se han identificado anteriormente. Pero habría que preguntarse ¿por qué se emitieron estas monedas?: Lo habitual, en el transcurso de la



Figura 6. Representación posible del faro de Alejandría en el Papiro de Artemíodoro, en la parte superior a la derecha (Foto y fuente propiedad y cortesía de la Fondazione per l'Arte della Compagnia di San Paolo de Turín).

historia de Roma, era que la emisión de una moneda con el reverso de una obra pública, como era el Faro de Alejandría, obedeciese a una inauguración o transformación importante de la obra en cuestión o, rememorase el acontecimiento.

La primera de las monedas que aparece con el reverso del faro, tipo 1, representa al faro de manera muy sencilla con tres alturas que parecen cilíndricas. Puede destacarse de esa representación: Las efigies que se encuentran en las esquinas de la primera terraza, que miran a cada uno de los puntos cardinales y, que según los especialistas (Sánchez Terry, 1991) eran tritones con una trompeta. Algunos especialistas han visto esas trompetas sopladas por artificios hidráulicos como señal o aviso a los navegantes en caso de mal tiempo. La moneda parece representar a personas que soplan esas trompetas y no artificios más o menos sofisticados. La Estatua central se halla en la cúspide de la torre representada: Esta situación ha hecho ver a los especialistas que la estatua en cuestión se hallaría en la parte superior del faro. Mi interpretación es totalmente distinta: La estatua se hallaba en la segunda terraza sobre pedestal y se representa en la moneda las innovaciones introducidas en el faro no todo ello, como se hubiera hecho si éste se hubiera construido en su totalidad entonces, y, además, sabemos

cómo era la luminaria, una cúpula de cristal, como más tarde se indica. La última representación de la moneda es el puente que unía el faro con la isla de Faros.

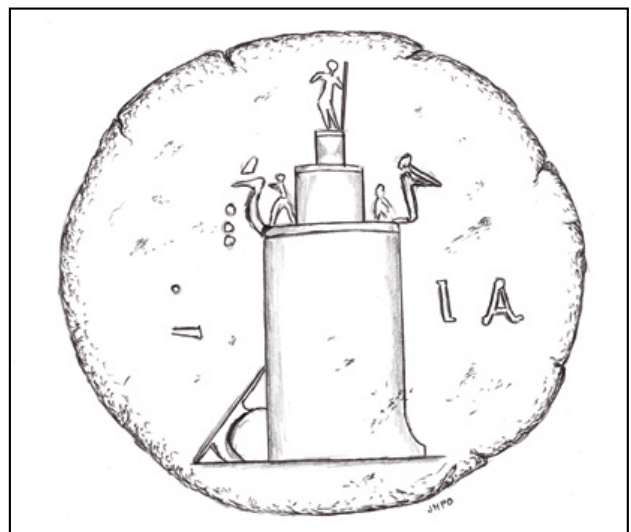


Figura 7. Moneda tipo 1; dracma de Domiciano (81 a 96 dC) que aparece el faro de Alejandría solamente con dos cuerpos, y en un lado el puente que lo unía con la isla de Faros. Elaboración propia.

El segundo tipo de moneda acuñada durante los gobiernos de Trajano y Adriano, tipo 2, representa el faro solamente con dos alturas; manteniendo los tritones y representando con más arcos el puente de unión con la isla de Faros. La estatua superior sostiene el báculo en una mano diferente. En esencia es una representación muy similar a la que aparece en la moneda de Domiciano. Es difícil saber cómo se fue manteniendo tanto tiempo ese reverso; probablemente los tritones fuesen un innovación ciertamente importante, facilitando sobremanera la señalización marina, costera y portuaria que se le debió dar mucha publicidad.

El tercero de los tipos de monedas difiere algo de los dos anteriores: Está acuñado en los gobiernos de Adriano y Antonino Pío. Respecto al faro no presenta ninguna innovación importante; solamente, aparece ya en forma cuadrada y con las paredes ligeramente inclinadas a medida que crece en altura. Junto a ella aparece la figura de una mujer, con su fular al viento y señalando el faro. Su mano izquierda parece que sostiene algo parecido a la proa de un barco. La imagen mantiene la representación del faro centrada en los dos elementos antes señalados: tritones y estatua central sobre pedestal con el báculo en la mano izquierda.

El siguiente reverso de monedas, tipo 4, vuelve a representar solamente el faro y, con ligeras modificaciones, su acuñación permanece durante los gobiernos de Adriano, Antonino Pío y Marco Aurelio. La representación está estructurada de manera similar a las primeras monedas; pero el faro ahora se representa con planta cuadrada y con los muros del primer cuerpo inclinados a medida que crece en altura, también aparecen representados es ese primer cuerpo ventanas redondas en, al menos, tres alturas. El segundo cuerpo ya no se representa como un pedestal, ya que también refleja dos alturas de ventanas. Lo que no aparece, como no lo hacía en la moneda tipo 3, es el puente que unía la isla de Faros y la plataforma de faro.

El último de los tipos de reversos de monedas que representan en faro de Alejandría, tipo 5, pertenece al gobierno de Cómodo (177 a 192 dC). La representación del faro es muy similar a las anteriores; salvo que el faro ahora se muestra con dos cuerpos más un pedestal superior donde se sitúa la estatua central, con el báculo en la mano derecha. También aparece representada una nave de carga saliendo del puerto.

Todas estas representaciones en los reversos de monedas no dan una idea de cómo era el faro ya que solamente pretenden representar los elementos que durante ese periodo se había inaugurado: Los tritones y la estatua central que no se sabe qué representaba: Algunos autores creen que a Ptolomeo Soter, como promotor de la construcción del faro; pero ello no parece probable. La estatua recuerda a la descripción de la que tenía el faro de Hércules de Gádir, que representaba al propio Hércules. El problema no solamente es saber a quién representaba, sino donde estaba situada: Algunos especialistas, como Thiersch (1909), lo sitúa en la picota del faro, a similitud de la luminaria de faro de Hércules en Gádir (Peña, 2005); pero ello entra en contradicción con las representaciones que tenemos de la luminaria del faro; alma y vida de éste que algunos especialistas olvidan.



Figura 8. Moneda tipo 2; dracma de Adriano (117 a 138 dC), muy similar al dracma de Domiciano del tipo 1. Elaboración propia.



Figura 9. Moneda tipo 3; dracma de Adriano (117 a 138 dC) que represente el faro de Alejandría. Elaboración propia.



Figura 10. Moneda tipo 4; dracma de Antonino Pío (138 a 161 dC) que represente el faro de Alejandría. Elaboración propia.



Figura 11. Moneda tipo 5; tetra dracma de Cómodo (177 a 192 dC) que represente al faro de Alejandría. Elaboración propia.

La primera de ellas es la que viene representada en el mapa del Beato de Burgo de Osma (1086) que se encuentra en la actualidad en la Catedral de Burgo de Osma (Soria). El dibujo del faro es simple; se muestra con dos cuerpos, con una entrada con arco de herradura, típico de la cultura árabe. El segundo cuerpo finaliza en la luminaria que aparece como una cúpula con abertura en su clave y faldones laterales y nervios de la propia cúpula. Esta figura es complementaria de la segunda de las representaciones, próxima en el tiempo; se trata de un mosaico existente en la capilla Zen de la Basílica de San Marcos de Venecia (siglo XI o XII). El mosaico representa una nave, en el lado izquierdo, que se aproxima a la ciudad de Alejandría, con un santo, san Marcos, para la evangelización de la ciudad que acompañan dos marineros. En el lado derecho se representa la ciudad de Alejandría y a este mismo santo predicando. En el centro de la escena aparece el faro.

Esta es la representación, probablemente, más fidedigna del faro de Alejandría, que utilicé en mi tesis para determinar sus dimensiones y el tipo de luminaria (Peña, 2005). Pero, como en el resto de las representaciones del faro, hay que tomarla como aproximada; y que representa los rasgos más característicos de la estructura. Aquí ya se muestra los tres cuerpos del faro y las dos terrazas, que Al Sayj describe. Pero no aparece estatua alguna: ¿qué había pasado con ellas?; no lo sabemos, pero nos lo podemos suponer: El bronce era un material muy apreciado en la edad media, además las imágenes no eran compatibles con la nueva religión imperante. Por estas dos razones todas ellas llevarían el mismo fin: reciclarse. La estatua central, supuestamente de Hércules o Poseidón, se hallaría en la segunda de las terrazas, ya que era imposible que se hallase en la picota del faro ya que este lugar se hallaba ocupado por la luminaria: una impresionante cúpula de cristal de unos 9 m de diámetro que aparece perfectamente representada en el mosaico, y que lo hacía también en el mapa del Beato de Burgo de Osma. En el mosaico, además, se muestra con claridad que la luz procedía de una única llama que sale de un agujero del suelo. La luminaria finalizaba en un alero abierto que la airease.

El único mapa de la época, Tabula Peutingeriana, muestra de manera bastante confusa y poco detallada esta zona, y en general el propio Delta. Si nos fijamos en el detalle del área occidental del Delta, hallamos que la Tabula presenta dos brazos: el más extremo finaliza en un faro, que en el mapa original, Códice 324 de la Biblioteca de Viena, aparece poco resaltado por la pérdida de color de la zona. El faro, con toda probabilidad, sería el de Alejandría; pero no lo indica en el plano y tapa la salida que, supuestamente, sería la Canópica del Nilo.

Las dimensiones que nos da Al Sayj del Faro, las podemos transformar, solamente de manera aproximada, corrigiendo algunas medidas utilizando las representaciones que antes he indicado; especialmente el mosaico de la basílica de San Marcos de Venecia y el Papiro de Artemíodoro. Las transformaciones se han hecho suponiendo: 1 braza = 1 brazo = 1,87 m y 1 paso = 0,78 m.

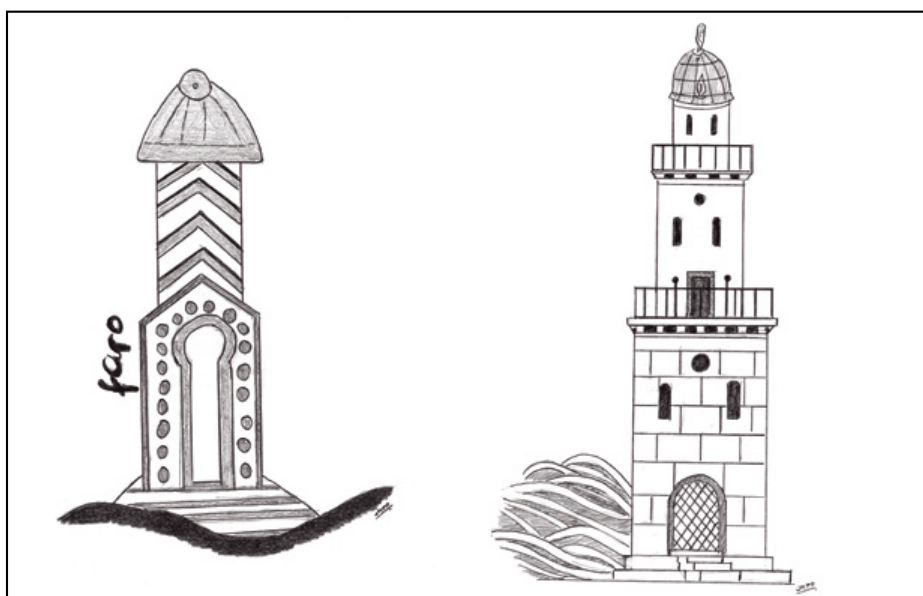


Figura 12. Representaciones del faro de Alejandría. En el mapa del Beato de Burgo de Osma (1086) que se halla en la Catedral de Burgo de Osma (Soria), a la izquierda; y mosaico de la capilla Zen de la basílica de San Marcos de Venecia (siglos XI o XII), a la derecha. Elaboración propia.

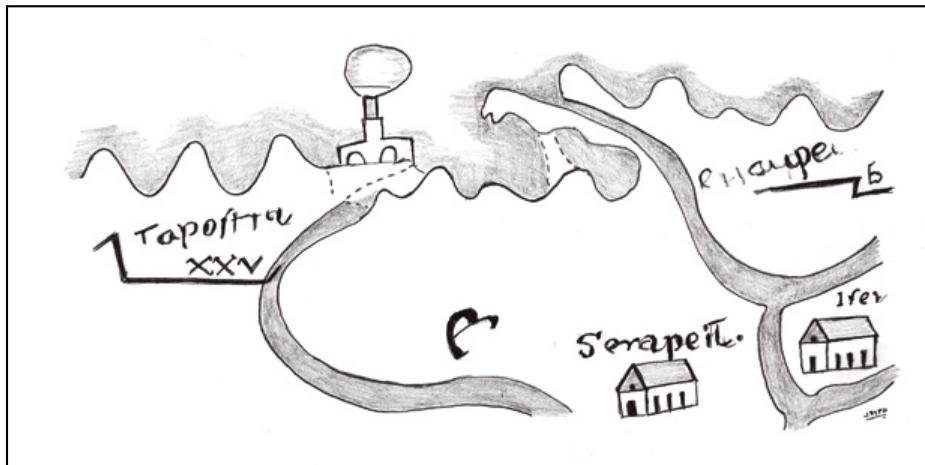


Figura 13. Detalle de la Tabula Peutingeriana, fragmento VIII, que muestra las bocas del río Nilo más occidentales y supuestamente el faro de Alejandría (entre puntos se ha dibujado las zonas confusas del original). Elaboración propia.

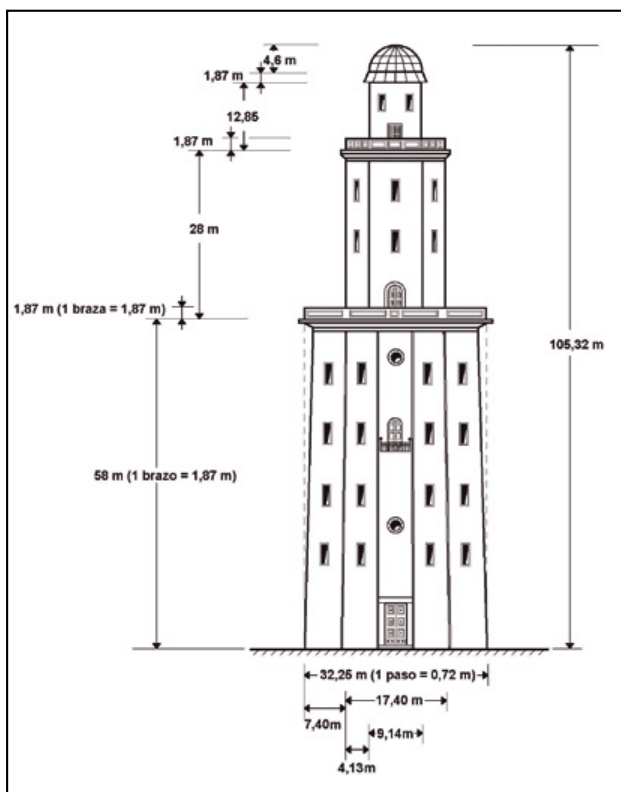


Figura 14. Dimensiones aproximadas más probables del faro de Alejandría. Elaboración propia.

Además, la luminaria se ha supuesto igual a la que muestra el mosaico indicado, al igual que las dimensiones relativas del segundo y tercer cuerpo. Hay que tener en cuenta que este último tercer cuerpo es el que más transformaciones debió sufrir a lo largo de la historia y el que ha dado lugar a mayores interpretaciones. Situando la estatua en la cima de la estructura, en lugar del segundo cuerpo como así lo muestran las monedas.

La única representación que muestra la luminaria es, como ya se ha dicho, el mosaico de San Marcos de Venecia. En él se aprecia con cierta claridad que la parte exterior estaba formada por una cúpula de cristal con los soportes metálicos; este tipo de cúpula para luminarias es el que debió tener el faro de Chrisópolis que muestra la Tabula Peutingeriana. En su interior, se ve una llama de ciertas proporciones

emergiendo de un hueco en el suelo. De la parte exterior de la cúpula sale humo, procedente de la combustión. La cúpula se encuentra abierta en su parte inferior gracias a que su cara se abre en unos alerones que permite la entrada de aire para una mejor ventilación. La estructura no la conocemos; pero, básicamente, podemos decir que debió ser independiente del segundo cuerpo, y no como continuación de éste, como indicaba Thierch (1909), ya que en las sucesivas transformaciones este cuerpo se alteró sin hacerlo el resto. El sistema de cúpula con abertura en la clave para la salida de la llama era el habitual que hallamos en el periodo romano (Peña, 2005) y es posible que en éste faro también se hiciese. Además, tuvo que tener una escalera o rampa de acceso a la cúpula y parte superior de la estructura; por lo que puede suponerse que la estructura donde se hallaba la luminaria estuviese rodeada de otro muro, de sostén de la cúpula de cristal y de la escalera de acceso.

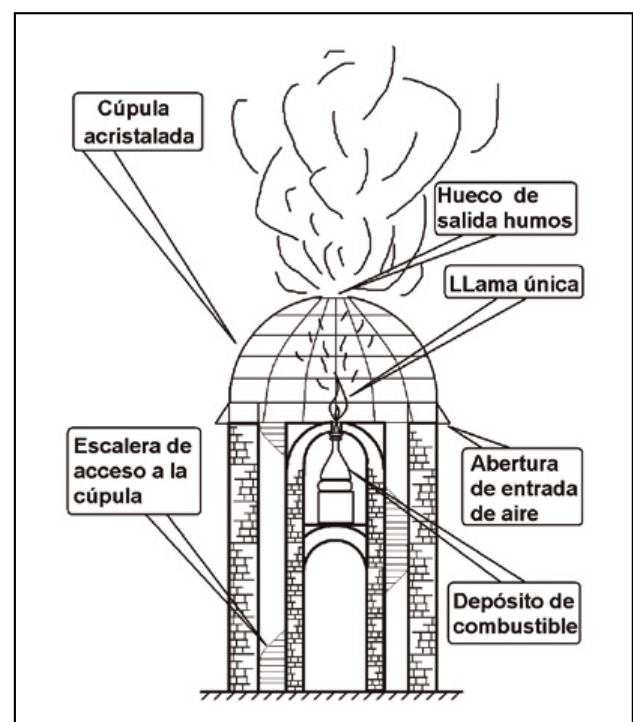


Figura 15. Hipotética estructura interior de la luminaria del faro de Alejandría. Elaboración propia.

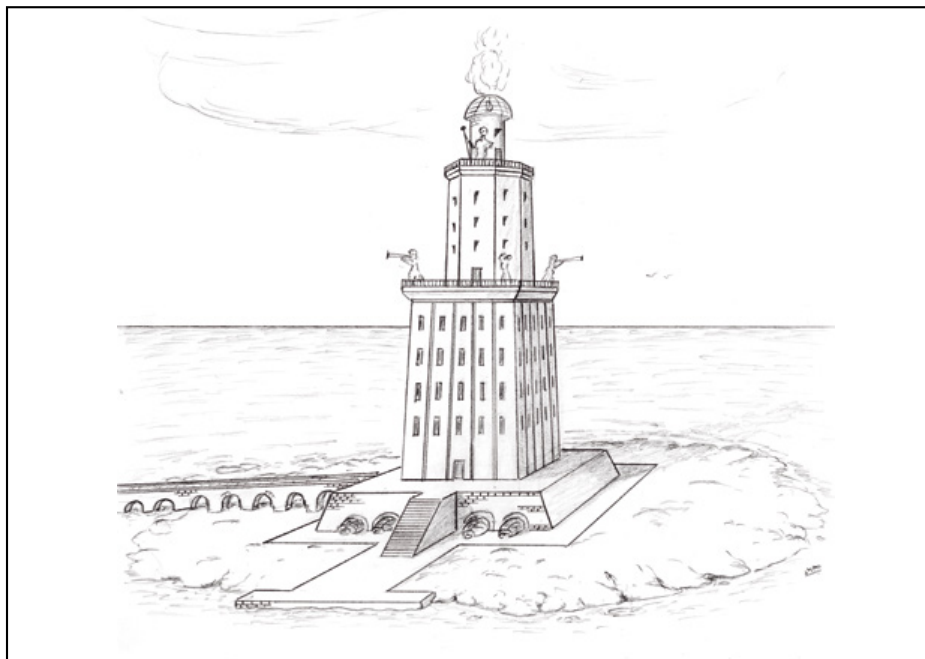


Figura 16. Aspecto que debió tener el faro de Alejandría. Elaboración propia.

El aspecto final que tenía el faro debió ser impresionante en su época y debió ser ejemplo de otros muchos que, como dice Plinio (XXXVVI, 18), había en el periodo romano a lo largo de las costas, y con alturas sobre el nivel del mar próximos a ella.

Las diversas señalizaciones para ayuda a la navegación que pudo tener el faro no las conocemos; y, en general, no se han ocupado mucho de ello los especialistas; centrándose mucho más en el aspecto de monumentalidad del edificio que el avance tecnológico que debió suponer, cuyo fin no fue solamente el que nos dice la inscripción del faro, ni lo que nos escribe Plinio (XXXVVI, 18); había que desviar la atención de los marinos y comerciantes para usar este puerto como de intercambio y no el que históricamente se usaba que se encontraba unos kilómetros más al noreste, en la propia boca Canópica del Nilo, donde se hallaban los puertos de Canobus y Heraclion, y río arriba, Schatia o Schedia.

6. CONCLUSIONES

No es concebible el faro de Alejandría sin tener en cuenta a quién servía, el puerto. Probablemente es el conjunto portuario más importante de la antigüedad mediterránea, junto con el puerto de Ostia y de Augusto de Ostia. Todavía hoy en día existen muchas incógnitas en su desarrollo y en la propia estructura del conjunto. La historia, los especialistas, y la sociedad se ha ocupado principalmente del famoso Faro; ejemplo de la antigüedad de este tipo de estructuras que lo situaron entre las Siete Maravillas del Mundo, probablemente minimizando la importancia del conjunto portuario que se fue sucediendo desde el III milenio aC. Pero este conjunto portuario vivo se halla en la actualidad totalmente transformado; y en su lugar se encuentra el puerto comercial más importante del Egipto moderno, habiendo engullido gran parte de las estructuras que lo precedieron.

En la figura 2 se muestra esquemáticamente la reconstrucción de este importante conjunto portuario y en las figuras 14, 15 y 16 se presentan una reconstrucción del faro basada en los datos de los especialistas como Thiersh (1909)

o Sanchez Terry (1991), las descripciones de los escritores antiguos y las representaciones que han parecido más significativas. De especial interés, por su primicia, es su representación en el Papiro de Artemídoro, debiendo suponerlo con ello como representación de parte de las instalaciones interiores del antiguo puerto de Alejandría y no en otros lugares.

7. AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer muy significativamente a Paola Assom (Responsabile Relazioni Esterne) de la Fondazione per l'Arte della Compagnia di San Paolo - Centro Conservazione e Restauro "La Venaria Reale", y a la propia Fundación que me facilitaron las fotografías del Papiro de Artemidoro; sin ellas no hubiera podido localizar la representación del Faro.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Clement, C. (1998). The Pharos of Alexandria. Hellenistic Electronic Center. Disponible en <http://www.greece.org/alexandria/pharos/>
- Evans, A. J. (1921). *The Palace of Minos: a comparative account of the successive stages of the early Cretan civilization as illustrated by the discoveries at Knossos*. Londres (Reino Unido): Macmillan.
- Peña Olivas, J. M. (2005). *Sistemas de señalización marina en la antigüedad clásica*. Tesis doctoral, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Rickman, G. E. (1988). The archaeology and history of Roman ports. *The International Journal of Nautical Archaeology*, 17 (3), 257-77.
- Sánchez Terry, M. Á. (1991). *Los faros españoles: historia y evolución*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte.
- Thiersch, H. (1909). *Der Pharos, Antike Islam und Occident. Ein Beitrag zu Architekturgeschichte*. Leipzig y Berlín (Alemania): B.G. Teuner.