

# LOS "RESPIRADEROS" DE LA GRAN PIRÁMIDE DE EGIPTO

ALEJANDRO RICART CABÚS

Investigador privado

## Resumen

El presente trabajo describe y analiza la naturaleza, diseño y supuesta finalidad de los cuatro conductos llamados comúnmente respiraderos; insólitos y estrechos canales contruidos con evidente complejidad que, partiendo de las cámaras interiores, se prolongan con desigual trayectoria ascendente a través del núcleo de mampostería de la pirámide en busca de las fachadas norte y sur de la misma. El objetivo principal de este estudio es demostrar, con nuevos argumentos, como la necesidad de su presencia y sus especiales características (conocidas hoy con suma precisión gracias a la exploración efectuada en 1993 por medio de un robot diseñado y construido por el ingeniero alemán Rudolf Gántenbrink) únicamente puede explicarse de forma lógica y coherente si se les asigna una función específica en la construcción de la propia pirámide, de acuerdo con la teoría mecánica de las cámaras interiores, expuesta por primera vez en 1991 en mi libro *La pirámide de Khéops y la verdadera función de sus cámaras y pasajes*, y en *Llull*, 1995, Vol. 18, nº 34, pp. 223-273.

## 1. Apuntes históricos, exploraciones e hipótesis

### *Los conductos superiores*

No fue hasta 1837 en que la singular expedición del coronel Richard Howard Vyse, hijo del general Richard Vyse y nieto del conde de Stafford descubrió, entre otras cosas, que los huecos existentes en la pared norte y sur de la Cámara del Rey eran en realidad dos estrechos conductos que comunicaban la estancia con el exterior de la pirámide, y no receptáculos para acomodar lámparas, tal como había supuesto J. Greaves doscientos años antes. Consecuentemente la ventilación quedaba establecida como función específica de los mismos.

### *Los conductos inferiores*

En 1872 Waynman Dixon, ingeniero de estructuras metálicas de Newcastle y amigo de Piazzi Smyth, descubrió de forma fortuita, al comprobar que se podía introducir sin límite aparente un fino alambre a través de una grieta que recorre la pared sur, que la Cámara de la Reina también disponía de dos conductos similares, pero dejados ocultos por sus constructores tras 17 centímetros de piedra de la propia pared.

En el interior del conducto norte, en el tramo llano, Dixon y el Dr. Grant, según testimonio de Piazzi Smyth hallaron tres desconcertantes objetos:

- Un pequeño y doble gancho de bronce a modo de ánchora.
- Una bola de granito de color gris de 8.325 granos, aproximadamente 540 gramos.
- Una porción de madera de cedro, con muescas, de unos 12 cm. de longitud.

### ***La exploración de W.M.F. Petrie***

En 1881 los conductos fueron observados y medidos por W.M.F. Petrie. Respecto de los superiores, el arqueólogo inglés da los siguientes valores angulares:

Conducto norte, valor medio en una longitud de 372 pulgadas = 31° 33' 00"

Conducto sur, valor medio en una longitud de 840 pulgadas = 45° 13' 40"

«El conducto norte se ha excavado abriéndolo a modo de un pasaje activo interior; dejando únicamente entero el suelo y el lado oeste de la canal. El conducto sur está obstruido por arena a una distancia de 76 pies. No es totalmente recto, sino que se desvía algo más de su propia anchura al este; y los lados cambian a menudo unas décimas de pulgada entre las piedras que forman las secciones. Estos detalles se vieron al examinarlo con un telescopio el 8 de febrero y por fotografía el 2 de noviembre de 1881; siendo los días en que el sol brilla al mediodía en el fondo del mismo. Su anchura en la cima es de 8,35 - 8,65 pulgadas y su altura 8,7-8,9 pulgadas». [PETRIE, 1883, Cap. 7, sec. 56]

Respecto a los conductos inferiores (Cámara de la Reina) dice:

«El conducto norte tiene 8,6 pulgadas de altura y aproximadamente 8 pulgadas de anchura sobre la pared de la cámara, prolongándose horizontalmente a lo largo de 76 pulgadas, volviéndose entonces ascendente. El cauce sur es 8,8 pulgadas de alto y dista 80 pulgadas de su giro ascendente. Los ángulos medios medidos entre el tramo horizontal y el ascendente son los siguientes:

Conducto norte = 37° 28'.

Conducto sur = 38° 28'

Si estos canales continuaran hasta el exterior, su suelo acabaría en la fachada de la pirámide a una altura de 2641,3 pulgadas sobre la base, y 2460,8 pulgadas respecto del centro de la pirámide, en la cara norte; y a 2679,1 sobre la base y 2431.2 del centro en la cara sur». [PETRIE, 1883, Cap.7, sec. 44].

### ***La teoría de L. Borchardt***

Debido a la dificultad de su exploración, así como la ausencia de salidas exteriores y la necesidad de explicar la presencia de tres cámaras funerarias, emplazadas a diferentes niveles de la misma obra, se dio por sentado que la longitud de los canales inferiores no excedía de los nueve metros.

Este aspecto constituye uno de los pilares fundamentales de la teoría de los dos cambios de plan sobre el proyecto original en la pirámide de Quéope, formulada por el arqueólogo alemán L. Borchardt a principios del siglo XX; a saber, que la longitud de los respiraderos inferiores se correspondía con el nivel que tenía la fábrica en el momento que se decidió abandonar la construcción de la cámara y emplazar la nueva cripta (Cámara del Rey) en una posición más elevada dentro de la pirámide.

### ***La exploración de R. Gantenbrink***

Pero en 1993, el ingeniero alemán Rudolf Gantenbrink, exploró los conductos por medio de un robot denominado "Upuaut", diseñado y construido a tal fin, pudiendo medir con precisión sus ángulos de pendiente y ver su interior. Demostrando también que el respiradero sur de la Cámara de la Reina se prolonga casi 60 m., en lugar de los 9, como se había creído hasta entonces; sobrepasando en mucho el nivel de la Cámara del Rey, e invalidando así la teoría de L. Borchardt.

### ***J. Capart***

Otros investigadores han descartado totalmente la función de ventilación. Así el egiptólogo belga Capart propuso en 1924 que los canales formarían parte de un propósito ritual y funerario; se trataría en realidad de pasajes para el desplazamiento del alma del rey.

### ***V. Maragioglio & C. Rinaldi***

No obstante, la docta opinión de los arquitectos italianos Maragioglio y Rinaldi, es totalmente contraria a la función religiosa:

«Los canales de aire que se observan en la cripta (Cámara del Rey) y en la Cámara de la Reina, son elementos particulares de esta pirámide. No se observan trazas de canales de aire en las pirámides precedentes, incluso en aquellas que tienen la cripta a nivel del suelo, en el cuerpo de la sobreestructura. En las pirámides inmediatamente posteriores a la de Quéope, no habría sido posible obtenerlos a menos que se practicara una trinchera en la roca y se construyeran en el fondo de la misma. Creemos que deben rechazarse las hipótesis que hacen de estos conductos elementos con finalidad exclusivamente ritual o religiosa como, por ejemplo, permitir al *Ka* del rey observar la aparición de determinada estrella. En efecto:

- La inclinación general del canal hace imposible que se pueda observar la salida de cualquier estrella; son demasiado inclinados sobre el horizonte.
  - Su recorrido es demasiado tortuoso y en la parte más interna es horizontal.
  - El *Ka* no tiene necesidad de un verdadero agujero para observar el cielo, como tampoco precisa de una verdadera puerta para entrar o salir de una tumba».
- [MARAGIOGLIO & RINALDI, Vol. IV, Obser. 31, pp. 129-130]

**A. Badawy & V. Trimble**

El primer posicionamiento claro y argumentado a favor de una función simbólica relacionada con los ritos astrales de los antiguos constructores egipcios (en los canales, no en los pasajes) corresponde al arqueólogo e ingeniero egipcio Alexander Badawy, con la colaboración de la astrónoma Virginia Trimble; hoy profesora de astronomía en las Universidades de UCLA y Maryland.

La teoría defiende que los canales que parten de la Cámara del Rey están orientados hacia estrellas de constelaciones relacionadas con la religión egipcia; así el conducto norte sería el vehículo para el viaje del alma del faraón a las estrellas circumpolares y el conducto sur para la constelación de Orión. [BADAWY, 1964. *The Stellar Destiny of Pharaoh and the so-called Air-shafts in Cheops's Pyramid*, MIOAWB, Band 10, pp.189-206]

Pero Badawy y Trimble únicamente disponían de las dudosas mediciones angulares proporcionadas por Petrie en 1883 y, además, se desconocía en aquel momento la verdadera longitud y trazado de los canales que parten de la Cámara de la Reina; por lo cual la teoría no podía estar más elaborada ni ser más precisa.

**R. Bauval**

Pero cuando el robot de Gantenbrink permitió en 1993 visualizar con nitidez el interior de los canales y conocer con suma precisión sus correspondientes trayectorias y pendientes, Robert Bauval, ingeniero de profesión, que a la sazón estaba trabajando en la misma teoría estelar de Badawy, pero según él sin tener conocimiento en aquel momento de la existencia de su predecesor, pudo avanzar en la misma dirección y establecer además la supuesta orientación estelar de los respiraderos de la Cámara de la Reina.

Bauval se basó en estos valores angulares para calcular la época de construcción de la Gran Pirámide, partiendo de la hipótesis de que la trayectoria de los respiraderos coincidía en su día con la posición de determinadas estrellas en su culminación. (Fig. 1)

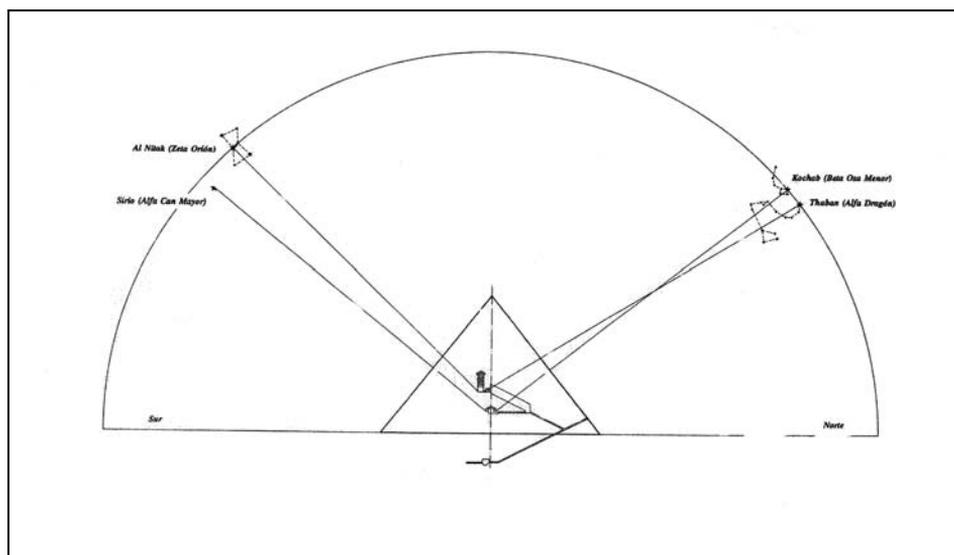


Figura 1. Alineación astral de los respiraderos de la Gran Pirámide, según la teoría de R.Bauval. El respiradero sur de la Cámara del Rey se correspondería astralmente con Al Nitak (Zeta Orion) y el Norte apuntaría a Alfa Dragón, la antigua Estrella Polar. El conducto Sur de la Cámara de la Reina nos indicaría la estrella Sirio y el Norte a Kochab (Beta Osa Menor). Esta sincronía se da (según los cálculos de Bauval) en el año 2.500 a.d.C.

## 2. Análisis de los conductos según la teoría mecánica de las cámaras (Fig. 2)

### Magnitudes

Las mediciones que Gantenbrink da a conocer a través de su página Web en Internet, <http://cheops.org/>, son las siguientes:

#### Conducto norte Cámara del Rey

Ángulo de pendiente, a partir de la excavación de Caviglia	= 32,60°
Ángulo de pendiente en su tramo final agrandado	= 31,20°
Longitud actual del canal	= 68,80 m
Supuesta longitud de la canal hasta el desaparecido revestimiento	= 71,5 m

#### Conducto sur Cámara del Rey

Ángulo de pendiente, después del codo inicial	= 45,00°
Longitud actual del canal	= 50,34 m
Supuesta longitud hasta el desaparecido revestimiento	= 53,55 m

#### Conducto norte de la Cámara de la Reina

Ángulo de pendiente	= Incierto, entre 33,30° y 40,10°
Longitud actual del canal	= 18,12 m. hasta el codo de 45°
Supuesta longitud hasta el desaparecido revestimiento	= ?, inexplorado

Conducto sur de la Cámara de la Reina

Ángulo de pendiente

= 39,6078°

Longitud actual hasta la losa de bloqueo

= 59,45 m

Supuesta longitud hasta el desaparecido revestimiento

= 74,84 m

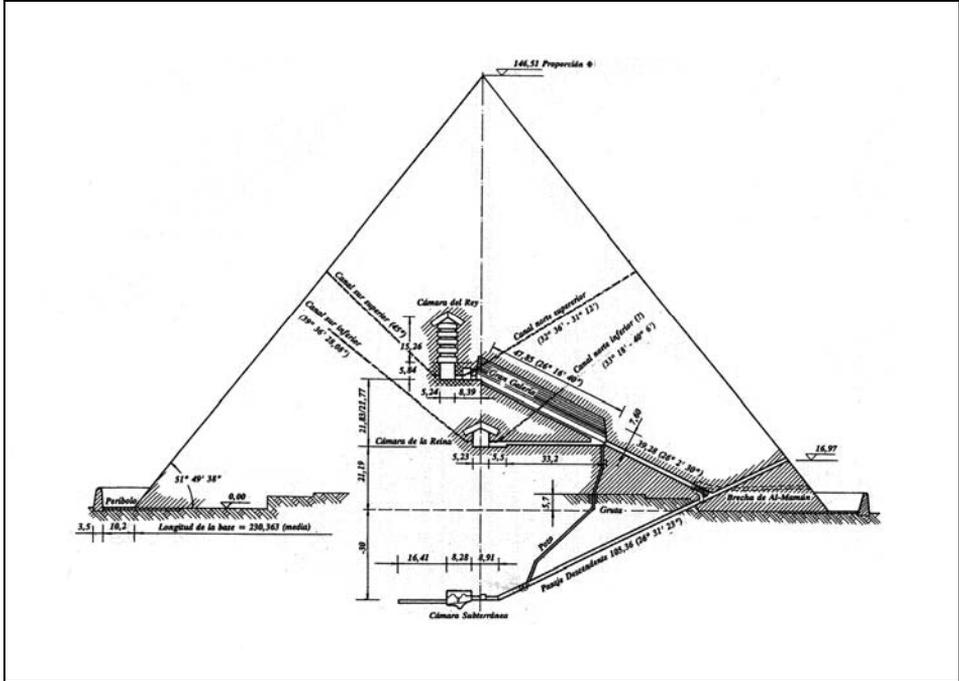


Figura 2. Vista en alzado y sección de la Gran Pirámide, de este a oeste, con sus cámaras, pasajes y los cuatro conductos o “respiraderos”. Las medidas, ángulos y situación de las cámaras y pasajes corresponden a Petrie y a Maragioglio & Rinaldi. Los ángulos de pendiente de los conductos son los indicados por Rudolf Gantenbrink; y el ángulo de la apotema es el correspondiente a la Razón Áurea.

**Diseño**

La construcción de estos conductos articulados a lo largo de toda la masa de sillería de la pirámide, exige un trabajo enorme y su trazado constituye un peligroso corte en diagonal capaz de provocar múltiples asentamientos y desplazamientos laterales.

Los investigadores están de acuerdo en que su realización demandó complejos cálculos y el tallado de numerosas piedras con perfil especial. Gantenbrink cree que se necesitaron cuatro tipos de piedra diferentes (Fig. 3). Pero observando con atención el dibujo del ingeniero Perring, se podría decir que todavía son más los bloques singulares que se precisan para su construcción y para volver a la forma estándar de hiladas horizontales, tanto por la parte inferior del conducto como por la superior y laterales. (Fig. 4)

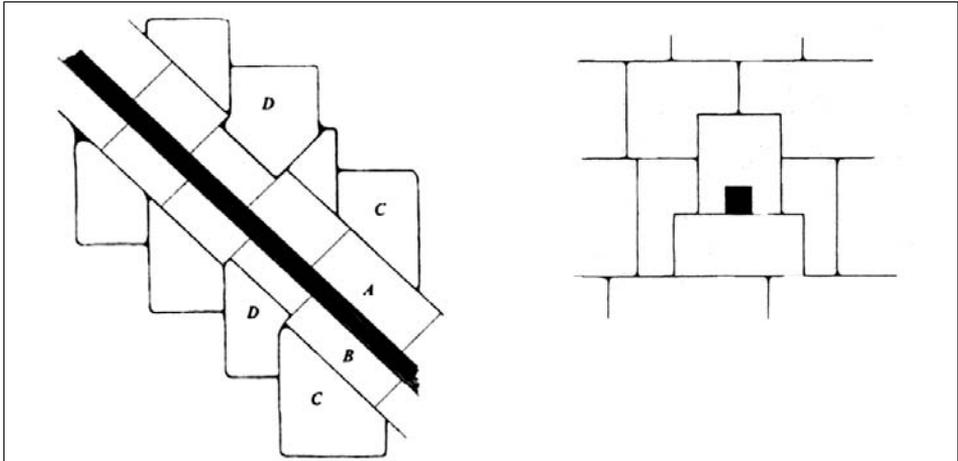


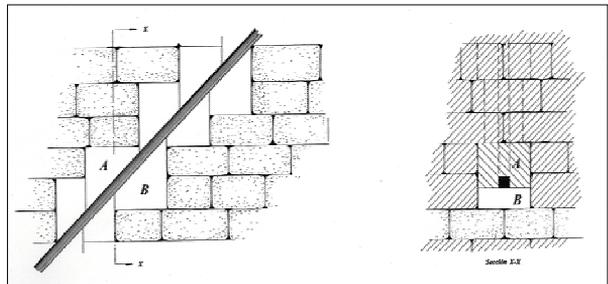
Figura 3. Vista en sección de un conducto o respiradero, con los cuatro tipos de piedra propuestos por Gantenbrink : "A"= Piedra de canal. "B"= Piedra de base. "C"= Piedra de tránsito a la forma horizontal. "D"= Piedra de cuña para impedir el deslizamiento de las secciones "A" y "B".

Figura 4. Reconstrucción del dibujo de Perring de la salida del respiradero sur, de la Cámara del Rey, en la Gran Pirámide. Fig. 5, lámina IV, de su obra "The Pyramids of Gizeh".

En todo caso es evidente que su construcción representó una enorme complicación añadida; no obstante, nadie ha planteado la importante pregunta de porqué los antiguos egipcios eligieron un diseño tan complejo. Deberían existir poderosas razones para ello. Es obvio que existen otras formas de construir un canal a través de mampostería que requieren menor variedad de sillares; por ejemplo, dividiendo un bloque en dos partes por medio de un corte con la inclinación propia del respiradero y esculpiendo la canal en la mitad superior.

Una vez colocados con cierto y mutuo desplazamiento, a fin de evitar las juntas coincidentes, conseguiríamos solucionar el problema utilizando tan solo dos clases de piedras: A y B. (Fig. 5)

Figura 5. Ejemplo de conducto formado únicamente por dos piedras especiales. La superior "A" llevaría esculpida la canal y la inferior "B", es totalmente lisa. Ambas se obtienen a partir de un bloque cortado en diagonal.



Otra posibilidad sería practicar un simple taladro en diagonal en bloques prismáticos normales de dimensiones algo mayores. ¿Por qué se optó pues por una estructura tan insólita, pudiendo hacerlo mucho más fácil tal como hemos explicado?

La razón solo puede estar en la preocupación por evitar su posible obstrucción. Evidentemente si la edificación de la pirámide dependía del constante paso de una cuerda por estos conductos, habían de construirlos de forma que, si por algún error o accidente se obstruyeran, existiera la posibilidad de remediarlo.

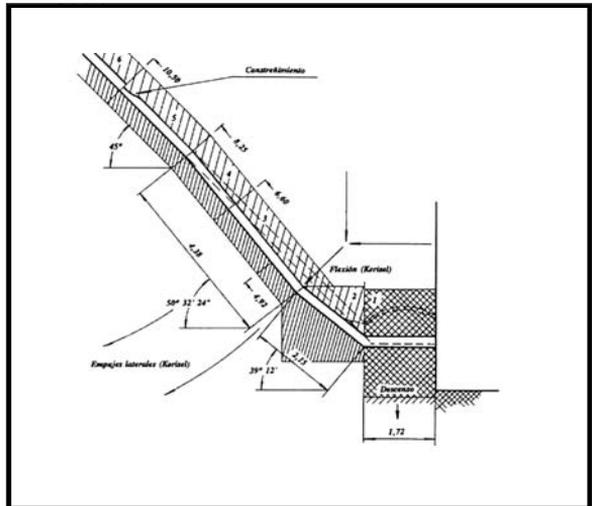
La forma elegida por los antiguos egipcios posibilita eliminar por esculpido las piedras de tipo "A", transformando la canal en un angosto pasaje, sin dañar la estructura ni afectar al equilibrio del núcleo de la pirámide; cosa que sí ocurriría de haber optado por el sistema más sencillo que hemos descrito anteriormente.

### ***Respiradero sur de la Cámara del Rey***

El tramo llano, a partir de la cámara, se suele dibujar con la misma sección cuadrada de 20 x 20 cm. que se constata en el conducto norte; a pesar de que, visto frontalmente, su forma es en realidad oval, de unos 70 cm. de altura y su interior abovedado. Rudolf Gantenbrink, como los arquitectos italianos Marioglio y Rinaldi, también lo representa de este modo, dando por sentado que el aspecto actual se debe a las desaforadas excavaciones de los primeros exploradores. (Fig. 6)

Para que el sistema mecánico de las cámaras sea factible, es imprescindible que el respiradero sur tuviera ya la forma actual durante la construcción de la pirámide; dado que había de albergar el rodillo que orientaba a la cuerda en su tránsito del tramo llano al conducto ascendente.

El siguiente codo en el conducto, el formado entre los bloques 2 y 3, se debería a la



*Figura 6. Reproducción en sección del conducto sur de la Cámara del Rey, de acuerdo con las medidas de Rudolf Gantenbrink y los asentamientos descritos por Jean Kerisel. La línea a trazos en la embocadura, indica su forma actual y, en el conducto, su probable trayectoria original antes de los asentamientos.*

flexión provocada por los asentamientos y la resultante de varias fuerzas descritas por Kerisel :

«En las uniones (entre bloques) no hay prácticamente diferencias verticales de asentamiento; lo cual induce a pensar que los dos conductos sur son soportados por un muro de sillería formando hiladas cuidadosamente trabajadas; muro estrecho que se desarrolla en toda la parte sur de la pirámide a partir de la vertical sur de la Cámara del Rey. Este muro es recubierto y flanqueado (tanto al oeste como al este) por una mampostería mediocre de piedras apenas desbastadas, de juntas anchas más o menos rellenas. A medida que la pirámide crece en altura se comprime ligeramente desplazando un poco hacia abajo el conducto sur de la Cámara del Rey en la parte en ángulo situada entre la base del conducto y la base de la pared sur de la cámara. Esta cámara que está formada por hiladas de granito no es comprimible horizontalmente; de lo cual resultan acciones oblicuas sobre el muro que soporta ambos conductos. Dado que las hiladas de sillería resisten mejor los esfuerzos verticales que horizontales, se producen desplazamientos horizontales resultando una compresión longitudinal sobre los elementos del conducto sur de la Cámara de la Reina» [KERISEL, 1996, Anexo 3, pp. 289-96]

El bloque 5, situado a 10,5 m. del interior de la cámara, presenta un significativo estreñimiento a causa de que el tramo final de esta piedra, en lo que constituye el techo del conducto, está como inacabado. Nadie ha sabido dar una explicación convincente de algo tan insólito en la construcción egipcia.

Gantenbrink, influenciado quizás por la opinión de Petrie y otros autores que creen que la pirámide se edificó con menos pericia a partir de la Gran Galería, lo atribuye a la falta de control sobre un equipo de trabajadores posible-mente rezagados durante la construcción; y lo expresa con esta jocosa y expresiva frase moderna: “se trata de un bloque del lunes por la mañana”. Evidentemente esto no es creible.

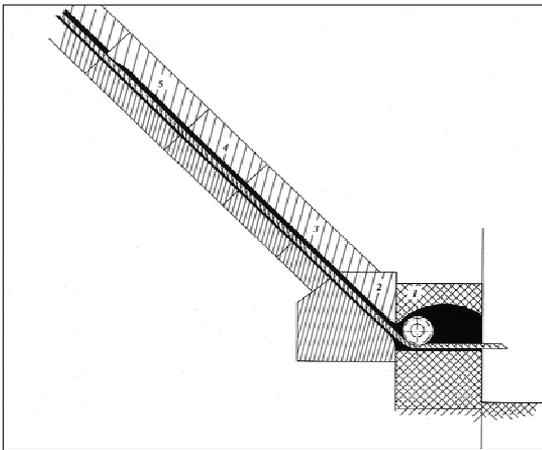


Figura 7. El conducto sur de la Cámara del Rey, con el rodillo y la cuerda motriz del sistema mecánico elevador.

La razón de la presencia de esta protuberancia pétreo en el techo del conducto solo puede deberse a la necesidad de su existencia. Desde el punto de vista del mecanismo de las cámaras, su función vendría dada por la conveniencia de proteger la zona del rodillo de posibles desprendimientos de

pequeñas piedras. Sería muy dificultoso y un grave con-tratiempo, tener que desmontar, desalojar el rodillo y limpiar el conducto y codo cada vez que se produjera la caída de alguna piedra. (Fig. 7)

Al final del bloque 23, entre 45,10 y 45,4 m. de distancia del interior de la cámara, se aprecian unas entalladuras laterales de escasa profundidad llamadas "nichos". Se ignora totalmente su posible función. Stadelmann (MDAIK 50/1994) cree que podría tratarse de un símil de la piedra de cierre o "puerta" que bloquea el canal sur de la Cámara de la Reina; pero Gantenbrink disiente con buen criterio cuando dice que una losa en esta parte debería de haberse introducido durante la construcción puesto que, la canal de la piedra siguiente, a la entallada, es más estrecha; y, de haber ocurrido así, todavía estaría presente a causa de la imposibilidad de su desalojo una vez finalizado el conducto. (Fig. 8)

Aunque resulta difícil de asegurar, desde la perspectiva mecánica se podría dar esta explicación: el rodillo externo, emplazado sobre la terraza en construcción, debe estar exactamente alineado con el rodillo de la cámara y firmemente sujeto evitando cualquier posible desplazamiento. Esto exige que el aparato que soporta el rodillo disponga de una prolongación, en forma de canal de sección cuadrada, para ser introducida en la última piedra del conducto correspondiente a cada nivel de edificación. Las nervaduras de esta canal, encajarían en las entalladuras o "nichos" de la última sección del respiradero.

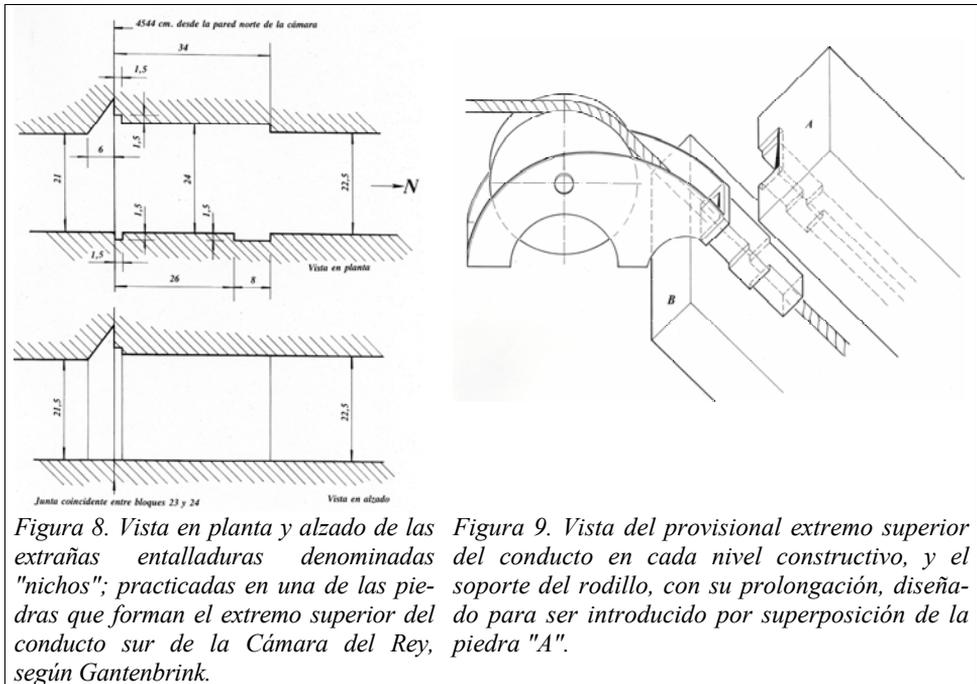


Figura 8. Vista en planta y alzado de las entalladuras denominadas "nichos"; practicadas en una de las piedras que forman el extremo superior del conducto sur de la Cámara del Rey, según Gantenbrink.

Figura 9. Vista del provisional extremo superior del conducto en cada nivel constructivo, y el soporte del rodillo, con su prolongación, diseñado para ser introducido por superposición de la piedra "A".

El resultado es un acoplamiento sólido y estable, que se irá trasladando al nivel superior cada vez que se finaliza una hilada o terraza de sillería y, el espacio ocupado por esta piedra, será sustituido por otra piedra normal, sin entalladuras. Es posible que llegada la construcción de la pirámide al nivel que actualmente ocupa la piedra con los nichos, esta fuera sustituida por otra sección nueva con "nichos" recién cortados, debido a su estado de desgaste, tal como aparece en la fotografía obtenida por el Upuaut, dejando la anterior como un eslabón más en la continuación del conducto. Quizás la pieza de hierro extraída con voladura de sillares por los ayudantes del coronel Vyse, del extremo del respiradero sur, formara parte de la canal de sujeción del rodillo exterior. (Fig. 9)

A lo largo del eje norte sur, el conducto se arquea hacia el oeste, con una flecha máxima de 20 cm. Esto también se debería a los empujes laterales sobre el muro de sillería que da soporte a los canales, descritos por Jean Kerisel. Petrie da constancia de esta desviación hacia el este geográfico, puesto que él lo analizó desde su salida en el exterior, así como que las uniones de los bloques que forman el conducto se separan, mutuamente, una décima de pulgada. (Fig. 10)

Obsérvese como la trayectoria del respiradero sur de la Cámara del Rey y la correspondiente al conducto que parte de la Cámara de la Reina, corren paralelas pero mutuamente distanciadas unos 40 cm. Esto es conveniente dado que, durante la fase constructiva anterior a que el respiradero alcance la fachada, la cuerda motriz procedente del respiradero de la Cámara del Rey, podría obstaculizar la labor de prolongación del respiradero de la Cámara de la Reina y viceversa.

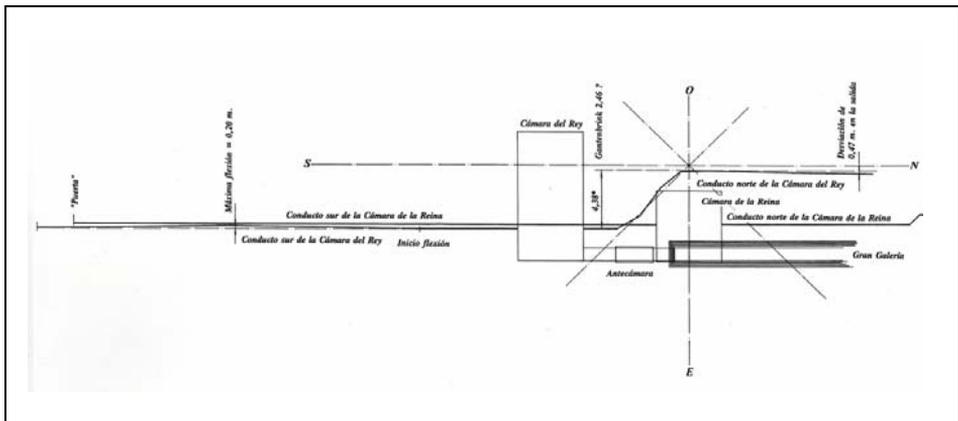


Figura 10. Vista en planta de las diferentes trayectorias de los cuatro conductos respecto del centro de la pirámide, de las cámaras y la Gran Galería; superpuestas por proyección sobre el plano horizontal.

Otro aspecto muy significativo es que ambos conductos se prolongan en busca de la fachada, manteniendo una considerable separación respecto del eje norte-sur de la pirámide. Concretamente el conducto superior sobresale al exterior con un desplazamiento hacia el lado oriental de 5,30 m. (unos 10 codos) con relación a la apotema. Es de suponer que cualquier finalidad ritual, simbólica o religiosa demandaría una total simetría en este aspecto. La razón nuevamente se halla en la función constructiva de los canales:

Dado que la superficie de trabajo se reduce progresivamente a medida que se accede a la cumbre, para poder finalizar la construcción de la pirámide, es necesario que el sistema elevador de sillares, formado por una estructura de barandas a modo de rieles, se halle desplazado del centro de la pirámide; pudiendo así levantar una terraza provisional que permita trabajar desde una posición lateral en la colocación de las últimas hiladas de sillería y el correspondiente piramidi6n; tal como se describe en *Llull*, Vol. 18, 1995, p. 253.

**Respiradero norte de la Cámara del Rey**

La excavación practicada por el capitán Caviglia en el siglo XIX, en la pared Oeste, entre la Gran Galería y la Antecámara, permite apreciar la extraña trayectoria que adopta este respiradero, en sus primeros tramos. (Fig. 11 )

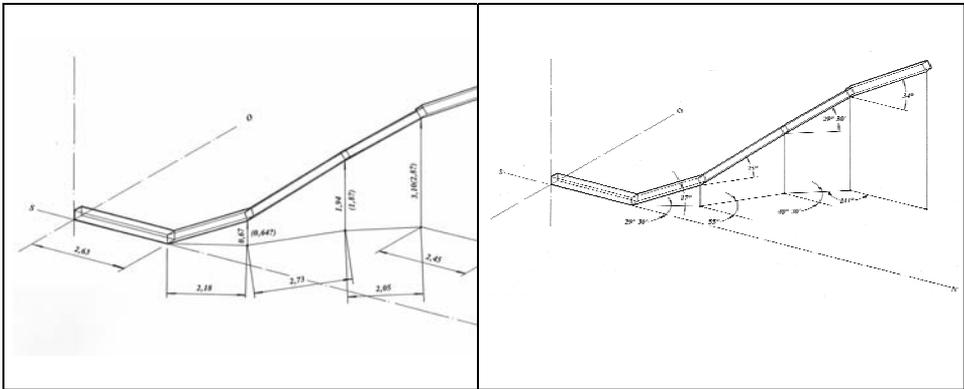


Figura 11. Medidas lineales y angulares sobre el plano horizontal y vertical, del tramo inicial del conducto norte superior (Cámara del Rey) según Gantenbrink.

Se dice que tal disposición obedece a la necesidad de eludir la Gran Galería; pero en realidad se distancia demasiado para que esta sea su verdadera razón.

En la Fig. 10 podemos comprobar como el trazado del conducto se aparta más de 4 m. respecto de su punto de salida (Gantenbrink, con evidente error indica solamente 2,46 m.); cuando prosiguiendo de forma rectilínea ni siquiera llegaría a rozar la Gran Galería.

La función de este conducto sería proporcionar el acceso a las cámaras interiores de la cuerda necesaria para transmitir al interior las ordenes procedentes de los operarios situados en el exterior, junto al aparato elevador de sillares y desde la terraza en construcción, para que se produjera el accionado del mecanismo. Por ello no resulta incorrecto que su trazado sea irregular.

El excesivo alejamiento de su trayectoria se debería a la conveniencia de que los conductos del lado norte salieran al exterior desplazados del plano vertical correspondiente al eje de los pasajes y por consiguiente también de la verdadera entrada a la pirámide.

El motivo es la necesidad de disponer de una estructura de madera, semejante a la que sostenía las barandas de ascensión de los sillares en la cara sur, que se levantara adosada a la fachada norte hasta alcanzar el nivel de salida del respiradero superior; por consiguiente había que evitar que la base de la estructura arriostrada obstaculizara el acceso a las cámaras interiores. La torre serviría además para que los hombres y los trineos vacíos descendieran por ella durante la fase de construcción por rampa; es decir hasta la colocación de la hilada 71 en la cara norte. De esta forma se evita el encuentro de los operarios que regresan después de haber descargado la piedra, con los equipos de acarreo que ascienden por la rampa. Durante la construcción por medio del mecanismo de las cámaras, el flujo de gente por la rampa es muy inferior, dado que las piedras ascienden de una en una, y no constituye un inconveniente el encuentro durante el regreso de operarios y narrias. Para los hombres que trabajaban sobre la pirámide, también les resultaría más cómodo y rápido utilizar las escaleras de la torre que seguir necesariamente el largo trayecto de la rampa con su obligado alejamiento de la zona. (Fig. 12)

Este respiradero no precisa de ningún rodillo para llevar a cabo su cometido y por consiguiente las consecuencias por el desprendimiento de alguna piedra no eran preocupantes; la propia cuerda de accionado serviría, si llegara el caso, para efectuar el desatasco sin provocar retrasos considerables. A pesar de ello, decidieron constreñir el conducto a nivel de los bloques 23 y 24, a unos 49 m. de la cámara. Los últimos 11,6 m. fueron excavados en época posterior, forzando un angosto pasaje. Esto demuestra que, gracias al especial diseño del

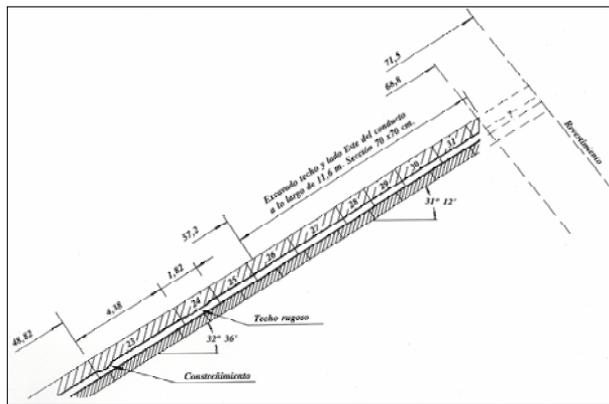


Figura 12. Tramo final del respiradero norte de la Cámara del Rey, según Gantenbrink.

conducto, es posible ensancharlo sin provocar su hundimiento, tal como ya se ha expuesto.

**Respiradero norte de la Cámara de la Reina**

No se conoce en su totalidad debido a que, a la distancia de unos 18 m., presenta un codo de aproximadamente 45° hacia el oeste; lo cual impidió su exploración por medio del robot Upuaut. Es visible la barra metálica que Waiman Dixon utilizó para sondear, así como un largo y delgado listón de madera; ambos aprisionados con tensión por la esquina del conducto. También se observa una pequeña pieza metálica con dos agujeros. Fue aquí donde Dixon encontró la bola de granito de medio kilo de peso y el doble gancho de bronce que hoy se hallan expuestos en el Museo Británico. (Fig. 13)

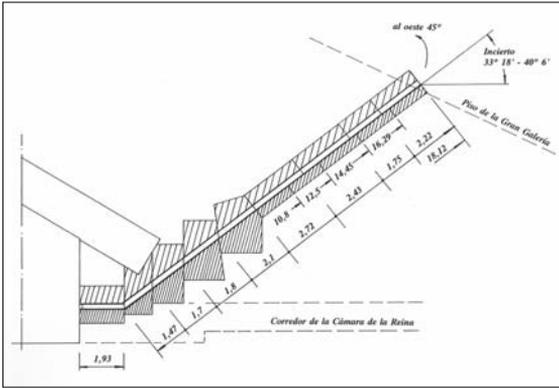


Figura 13. Parte conocida del conducto norte de la Cámara de la Reina, según Gantenbrink.

La función de este conducto sería la de proveer de cuerda a la cámara si se produjera la necesidad de proporcionar ayuda externa a los hombres encargados de accionar la cabria instalada en su interior, tal como se describe en la parte correspondiente de mi teoría [Llull, 1995, vol. 18 (34), pp. 223-273].

La utilidad de los objetos hallados por W. Dixon se explica en Llull, vol. 21, (41) 1998, pp. 492-493. Bastará aquí recordar que son imprescindibles para

conseguir introducir la cuerda de ayuda a través de los dos largos y estrechos conductos inferiores.

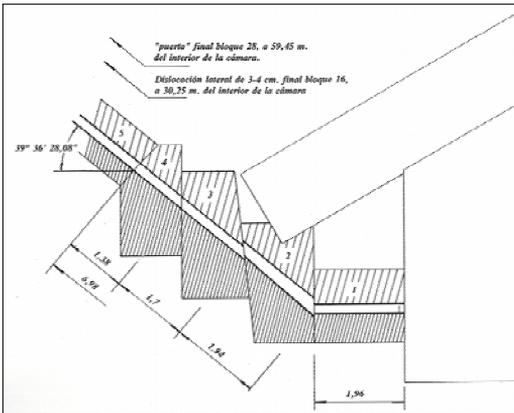


Figura 14

**Respiradero sur de la Cámara de la Reina.**

El conducto presenta, después del tramo llano, bloque 2, mucha mayor altura que los restantes tramos. Este aspecto era desconocido y creó muchos problemas a Gantenbrink puesto que, para escalar en pendiente y no resbalar, el robot iba provisto de un potente pistón hidráulico que empujaba y mantenía en contacto permanente a dos ruedas de tracción contra la parte superior del conducto. El brazo móvil del robot perdía el

contacto y hubo que empujarlo por medio de pletinas metálicas empalmadas, hasta sobrepasar la parte alta del canal. (Fig. 14)

Al final del bloque 16, a 30,25 m. del interior de la cámara, se observa una dislocación de 3-4 cm. hacia el oeste, producida seguramente por los empujes laterales descritos por Jean Kerisel.

Al final del bloque 28 y a una distancia de 59,45 m. del interior de la cámara, se presenta la losa llamada "puerta", provista de dos tiradores de cobre o bronce, que bloquea el conducto.

El sistema de maniobra de la losa de cierre propuesto por Gantenbrink, a modo de compuerta, no parece ser el más adecuado; dada: su complejidad constructiva, la extraña función asignada a los tiradores metálicos y sobre todo por la ausencia de ranuras de guiado para la losa en su supuesto desplazamiento vertical, según se puede observar a través del bisel inferior de la piedra. Más bien parece que se trata de una piedra introducida a modo de tapón. Las piezas metálicas estarían remachadas en los extremos de un asidero que traspasaría la piedra para poder desalojarla sin miedo a que se esclavara al tirar del mismo.

Dado que con este tipo de cierre resulta algo difícil conseguir un acoplamiento perfecto a la primera e incómodo rectificar, se practicó el corte en bisel para poder introducir, si fuera necesario, un gancho metálico y, con su ayuda, desencajar la losa y proceder a un nuevo intento de obturación.

El hecho de que los conductos se dejaran cerrados por el extremo de la cámara, indica que en ningún momento hubo necesidad de utilizar este recurso; lo cual da fe del alto nivel técnico, mecánico y previsor de los antiguos egipcios. Ahora bien, era sumamente importante que los respiraderos estuvieran permanentemente en condiciones de uso, hasta el final. El atasco de los contrapesos podía suceder a cualquier nivel de la obra en que se estuviera trabajando. Pero, al mismo tiempo, había que evitar la posibilidad de que un desprendimiento de piedras fortuito provocara la obstrucción del canal. Es por ello que la losa se halla presente en su extremo más alto protegiendo el conducto. También era necesario disponer, más allá del sistema de protección, de una cavidad larga y estrecha, que permitiera albergar a los hombres encargados de tirar de la sogá procedente de la cabria emplazada en el interior de la cámara. Así se explica que la losa de cierre esté a unos 15 m. del exterior y que esta parte del conducto se construyera con piedra caliza de mayor calidad. El túnel sería posteriormente relleno con sillares al llegar a esta zona la fase constructiva descendente.

Tratándose de un recurso de ayuda en un momento concreto, su acción no debería prolongarse excesivamente en el tiempo y por ello, no sería muy grave que la cuerda sufriera un cierto desgaste al rozar con el codo del respiradero. No obstante, y a pesa de que la misma parte de cuerda no volvería a cruzar la zona angular, era preferible

evitar en lo posible la fricción resultante, a efectos de no perder energía. Con este fin, el tramo de mayor sección, albergaría y retendría una larga manga de estopa engrasada.

### ***Justificación de las pendientes***

Un importante aspecto a considerar es si la pendiente de cada uno de los cuatro conductos se corresponde con la que deberían tener de acuerdo con la función que se les asigna. Desde la perspectiva del mecanismo de las cámaras, todo cobra sentido y coherencia:

Podría parecer ventajoso que el respiradero norte de la Cámara del Rey tuviera menor inclinación de la constatada; puesto que determina la altura de la torre o estructura adosada a la fachada, al exigir que alcance su nivel de salida. Pero, una vez construido el conducto, un ángulo inferior a  $31^{\circ} 12'$  haría muy difícil la operación necesaria para introducir la cuerda (tal como se ha descrito) que autoriza el accionado del sistema de contrapesos emplazado en las cámaras interiores.

Por el contrario, el respiradero sur de la Cámara del Rey, por ser depositario de la cuerda motriz, precisa sobresalir lo más alto posible, a fin de retrasar la entrada del desfavorable cambio en el circuito elevador, que el sistema requiere a partir del nivel de salida del respiradero sobre la fachada. No obstante, cuanto mayor sea la inclinación, mayor será la pérdida de energía en el rodillo de la cámara. Es por ello que optaron por un ángulo de  $45^{\circ}$ .

El respiradero norte de la Cámara de la Reina es el único que cumpliría su cometido con un grado de pendiente algo menor; pero, puesto que de todas maneras hay que construir la torre hasta alcanzar el nivel de salida del respiradero de la Cámara del Rey, es mejor dotarle de mayor inclinación que la imprescindible y hacer más fácil la introducción de la cuerda de ayuda.

El respiradero sur de la Cámara de la Reina, por su función, demandaría el menor grado de pendiente posible; pero por pequeña que fuera la disminución aplicada, la salida coincidiría con la prolongación de la rampa sobre la terraza y, con trayectoria horizontal, o muy leve, irrumpiría de lleno en la zona ocupada por la rampa de construcción; al tiempo que no sería posible introducir la cuerda de ayuda. Si por el contrario aumentamos la pendiente asignada, se incrementa la fricción contra el codo del conducto; diseñado para facilitar el giro de la cabria e impedir la elevación de la misma ante la fuerza de tracción proporcionada por los operarios situados más allá de la losa o "puerta".

### **Conclusión**

Hemos visto pues que, únicamente la función constructiva de la propia pirámide, de acuerdo con la teoría mecánica de las cámaras interiores, da respuesta satisfactoria a la presencia, naturaleza y diseño de los cuatro conductos denominados "respiraderos" de la Gran Pirámide.

### Consideraciones finales

Respecto a la pregunta de que hay detrás de la losa descubierta por el robot Upuaut, que bloquea el canal sur de la Cámara de la Reina; siendo consecuentes con el sistema defendido, podríamos afirmar que únicamente hay la sillería correspondiente al relleno de una cavidad mayor que la del propio conducto, efectuada con posterioridad.

En cuanto al tramo no explorado del canal norte de la misma cámara, se podría pronosticar que su trayectoria se sitúa sobre el mismo plano vertical que su homólogo en la cámara superior; dado que no es necesario que se mantengan mutuamente distanciados tal como ocurre con los correspondientes a la cara sur. También es de prever que se halle presente una losa de cierre semejante a la descubierta, aunque situada más cerca de la fachada.

Finalmente señalar la necesidad científica de rescatar y analizar con la técnica del carbono C-14, el listón de madera que se halla aprisionado en el recodo del canal norte de la Cámara de la Reina, puesto que, o bien es contemporáneo de Waynman Dixon, o se corresponde con la época de los antiguos constructores egipcios; de ser así, permitiría confrontar los resultados con los obtenidos de las muestras de mortero (con residuos orgánicos) extraídas de la Gran Pirámide en 1984, que le asignan una antigüedad media superior a los 400 años, respecto de la establecida por los egiptólogos actuales.

### Bibliografía

- BAUVAL, R. & GILBERT A. (1996) *El Misterio de Orión*. Círculo de Lectores, Barcelona, Emecé Editores. [Título de la edición original: *The Orion Mystery*, 1994].
- BAUVAL, R. & HANCOCK, G. (1997) *Guardián del Génesis*. Barcelona, Planeta/Seix Barral. 1ª edición. [Título original: *Keeper of Genesis* 1996].
- BAUVAL, R. (2001) *La Cámara Secreta. En busca de los orígenes del Antiguo Egipto*. Madrid, Oberon. [Título original: *Secret Chamber. The Quest for de Hall of Records*, 1999].
- BORCHARDT, L. (1926) *Längen und Richtungen der vier Grundakten der Grossen Pyramide bei Gise*. Berlin, J.Springer.
- (1930) *Einiges Zur dritten Bauperiode der grossen Pyramide bei Gise*. Berlin.
- CAPART, J. (1930) *Memphis à l'ombre des pyramides*. Bruselas, Vromant.
- EDWARDS,I.E.S.(1992) *Les Pyramides d'Égypte*. "Le livre de Poche", Paris, Librairie Générale Française.
- GREAVES, J. (1736) *Pyramidographia, or a Description of the Pyramids, of Egypt*. Londres, J. Brindley.
- HOWARD-VYSE, R.W. (1849) *Operations Caried on at the Piramids of Ghizeh in 1837*. Londres, J. Fraser.
- KERISEL, J. (1991) *La Pyramide à travers les Âges*. París, Presses Ponts et Chaussées.
- (1996) *Génie et démesure d'un Pharaon. Khéops*. París, Stock, 1996.

- LAUER, J.Ph. (1988) *Le Mystère des Pyramides*. París, Presses de la Cité.
- LEHNER, M. (1997) *The Complete Pyramids*. London, Thames and Hudson.
- MARAGIOGLIO, V. & RINALDI, C.A. (1963-1967) *L'Architettura delle Piramidi Menfite I-XIV*, Rapallo, Officine Grafiche Canesca. [Opera publicada sotto gli auspici del Centro per le Antichità e la Storia dell'Arte del Vicino Oriente - Roma].
- PARRA O.J.M. (1997) *Historia de las pirámides de Egipto*. Madrid, Editorial Complutense.
- PERRING, J.S. (1839-1842) *The Pyramids of Gizeh from Actual Survey and Measurement on the Spot*. Londres, J. Fraser.
- (1982) *The Pyramids of Gizeh from Actual Survey and Admeasurement*. Ltr-Verlag Wiesbaden.
- PETRIE, W.M.F. (1883) *The Pyramids and Temples of Gizeh*. Londres, Field & Tuer.
- (1990) "The Pyramids and Temples of Gizeh". *Histories & Mysteries of Man*. London, with an update by Zahi Hawass.
- RICART, A. (1991 y 1992) *La Pirámide de Khéops y la verdadera función de sus cámaras y pasajes*. Tarragona, edición privada.
- (1994 y 1997) *La Pirámide de Khéops. Exposición y nuevo análisis del sistema constructivo*. Tarragona, edición privada.
- (1995) "Teoría sobre la Construcción de la Gran Pirámide de Egipto". Zaragoza, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, *Llull*, 18 (34), 223-273.
- (1997) "New Theory on the Construction of the Great Pyramid". *Liège, XXth International Congress of History of Science*, Book of Abstracts - Scientific Sections.
- (1998) "Nuevos conocimientos sobre la Gran Pirámide" *Llull*, 21 (41), pp. 485-515.
- (1999) "Nueva teoría sobre la construcción de la Gran Pirámide". Pontevedra, VII Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas. Libro de Resúmenes y Libro de Actas (2001) Tomo II, pp. 967-976.
- (2000) "La pirámide de Quefrén" *Llull*, 23 (46), 103-143.
- SMYTH, Ch.P. (1978) *The Great Pyramid. Its Secrets and Mysteries Revealed*. New York, Bell Publishing Company.
- STADELMANN, R. (1991) *Die ägyptischen Pyramiden vom ziegelbau zum weltwunder*. Mainz-Rhein: Philipp von Zabern.
- (1990) *Die grossen Pyramiden von Giza*, Graz.
- TOMPKINS, P. (1987) *Secretos de la Gran Pirámide*. "Lo inexplicable", Argentina, Javier Vergara. [Título Original: *Secrets of the Great Pyramid*].