

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica



**LA CALIDAD Y NORMALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA
EDAD ANTIGUA MESOPOTAMIA, EGIPTO, GRECIA Y ROMA.**

“Análisis de la Calidad en la sillería del Acueducto de Segovia”

TRABAJO FIN DE MÁSTER

D. Daniel Estévez Ruiz

2011

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica

“TECNICAS Y SISTEMAS DE EDIFICACION”

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**LA CALIDAD Y NORMALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA
EDAD ANTIGUA ⁽¹⁾ MESOPOTAMIA, EGIPTO, GRECIA Y ROMA.
“Análisis de la Calidad en la sillería del Acueducto de Segovia”**

Autor

D. Daniel Estévez Ruiz

Director/a o Directores/as

Dra. Dña. Mercedes Valiente López

Dra. Arquitecta

Subdirección de Investigación, Doctorado y Postgrado

2011

(1) La *Historia Antigua* es considerada el primer período de la Historia de la Humanidad, precedida por la Prehistoria y seguida por la Edad Media. Se ha señalado tradicionalmente su comienzo en la invención de la escritura

“Gracias a la memoria se da en los hombres lo que se llama experiencia.”

Aristóteles¹

1 Aristóteles (384 a. C. – 322 a. C.) fue un filósofo, lógico y científico de la Antigua Grecia cuyas ideas han ejercido una enorme influencia sobre la historia intelectual de Occidente por más de dos milenios. Aristóteles escribió cerca de 200 tratados —de los cuales sólo nos han llegado 31— sobre una enorme variedad de temas, incluyendo lógica, metafísica, filosofía de la ciencia, ética, filosofía política, estética, retórica, física, astronomía y biología. Aristóteles transformó muchas, si no todas, las áreas del conocimiento que tocó. Es reconocido como el padre fundador de la lógica y de la biología, pues si bien existen reflexiones y escritos previos sobre ambas materias, es en el trabajo de Aristóteles donde se encuentran las primeras investigaciones sistemáticas al respecto.

Agradecimientos

Debo de iniciar mi agradecimiento a mi directora de Trabajo Fin de máster, Dña. Mercedes Valiente López, quien además de la guía y dirección del trabajo me ofreció un apoyo durante los trabajos y ánimos que sirvieron para poder terminar el trabajo.

Una mención muy especial a dos personas muy queridas que faltan en mi vida, las cuales hubieran estado compartiendo estos momentos, a mi esposa Susana Marín, fallecida en el accidente aéreo de Spanair el 20 de agosto de 2008 y a mi padre Marcelino Estévez fallecido el pasado 22 de enero de 2011.

No puedo olvidarme de mi pobre hija con 4 años la cual está soportando las ausencias y de su padre para poder realizar este trabajo, la cual cuando estoy encerrado en el despacho, abre la puerta y me pregunta *¿Puedo trabajar contigo, papa?*, y seguidamente se sienta en la mesa del despacho y comenzamos el juego, ya no puedo trabajar más, por tanto espero la noche, cuando está durmiendo para continuar, pero con mayor animo al intentar disfrutar cada minuto de la vida de mi pequeña inspiración.

También agradecimiento a la biblioteca y a los profesores que me han ayudado de la Universidad Europea de Madrid con su apoyo, y gestiones documentales.

A mi hija Candela



Resumen

El presente trabajo aborda el análisis mediante una investigación documental y un trabajo de campo, (investigación combinada), tratando las evidencias de la historia, en especial de la historia antigua² relacionados con la construcción, así como las distintas herramientas o instrumentación dedicada a la normalización, estandarización y el control de la ejecución de las edificaciones en la antigua Mesopotamia, pasando por el Antiguo Egipto, Grecia y centrándonos en Roma, todo comparado con la normalización y el control de calidad³ actual en España.

La parte experimental del trabajo, se realiza con el estudio de las dimensiones de las piezas de sillería del Acueducto de Segovia, analizando por tanto la fabricación de los materiales en la época romana en España, siendo sorprendentes los resultados, al poderse verificar la existencia de un sistema de calidad, una organización y control de la producción de las piezas que forman parte de la arquitectura romana.

Como parte importante del trabajo es el crear un procedimiento de análisis para estudiar los materiales de construcción en la faceta del control de la calidad entre las distintas épocas de la conquista romana en España y a las distintas evidencias de su arquitectura.

Para la realización de los trabajos, se realizan toma de datos mediante fotografías, equipos topográficos clásicos y últimas tecnologías de escáner 3d, con su posterior tratamiento mediante programas informáticos.

² La *Historia Antigua* es considerada el primer período de la Historia de la Humanidad, precedida por la Prehistoria y seguida por la Edad Media. Se ha señalado tradicionalmente su comienzo en la invención de la escritura.

³ (J. M. Juran)

Control de Calidad: Es el proceso de regulación a través del cual se puede medir la calidad real, compararla con las normas o las especificaciones y actuar sobre la diferencia.



Teniendo como conclusión que ya desde el historia antigua existía un control de calidad y una normalización, lo cual demostramos en el presente trabajo.

Como síntesis podemos indicar que entre **los objetivos** del trabajo realizado se pretende crear un procedimiento de control e identificación enfocado a la calidad en la historia de la arquitectura relativas al control dimensional de los materiales de construcción, así como un concienciar de la necesidad del control de calidad en la construcción, en todas sus partes, proyecto, ejecución y materiales, sin dejar ningún tipo de material sin norma de control.

En la arquitectura y la construcción actual, el control de calidad ha tenido siempre una importancia de segundo orden, sin embargo en otros campos como es la industria tiene y ha tenido más relevancia, tenemos como ejemplo las filosofías de calidad desarrolladas durante el siglo XX, cuando Demming⁴ (1960), aporta sus primeras teorías enfocadas a la producción en serie, aplicadas en contadas ocasiones en España en procesos constructivos de la edificación, todos los llamados gurús de la calidad como Juran⁵, Crosby⁶, Ishikawa⁷ y Feigenbaum⁸, basan sus trabajos en la industria y con su filosofía comienza a tomar importancia los conceptos como liderazgo, gestión, organización y control.

⁴ William Edwards Deming (14 de octubre de 1900 - 20 de diciembre de 1993). Estadístico estadounidense, profesor universitario, autor de textos, consultor y difusor del concepto de calidad total.

⁵ Joseph Moses Juran (24 de diciembre de 1904 - 28 de febrero de 2008) fue un consultor de gestión del siglo 20 que es principalmente recordado como un evangelista de la calidad y la gestión de la calidad.

⁶ Philip Bayard "Phil" Crosby, (Wheeling, 1926 – Winter Park, 2001) fue un empresario norteamericano, autor que contribuyó a la teoría gerencial y a las prácticas de la gestión de la calidad.

⁷ Kaoru Ishikawa (Japón, 1915 – 1989), era un filósofo japonés de la administración de empresas, es verdaderamente experto en el control de calidad.

⁸ Edward Albert Feigenbaum (nacido el 20 de enero de 1936, Weehawken, Estados Unidos) es un científico de la computación que trabaja en el área de la inteligencia artificial. Frecuentemente se le llama "El Padre de los Sistemas Expertos".



Abstract

The present work tackles the analysis by means of a documentary investigation and a field work, (combined investigation), treating the evidences of the history, especially of the ancient history related to the construction, as well as the different hardware or instrumentation dedicated to the normalization, standardization and the control of the execution of the buildings in the ancient Mesopotamia, happening for the Ancient Egypt, Greece and centring in Rome, quite compared with the normalization and the control of current quality in Spain.

The experimental part of the work, is realized by the study of the dimensions of the pieces of chairs of the Aqueduct of Segovia, analyzing therefore the manufacture of the materials in the Roman epoch in Spain, being surprising the results, on having been able to verify the existence of a quality system, an organization and control of the production of the pieces that are a part of the Roman architecture.

As important part of the work is creating a procedure of analysis to study the materials of construction in the facet of the control of the quality between the different epochs of the Roman conquest in Spain and to the different evidences of his architecture.

For the achievement of the works, capture of information is realized by means of photography, topographic classic teams and last technologies of scanner 3d, with his later treatment by means of computer programs.

Having as conclusion that already from the ancient history existed a control of quality and a normalization, which we demonstrate in the present work.

As synthesis we can indicate that between the targets of the realized work one tries to create a procedure of control and identification focused on the quality in the history of the architecture relative to the dimensional control of the



materials of construction, as well as one to make aware of the need of the quality control in the construction, in all his parts, project, execution and materials, without leaving any type of material without norm of control.

In the architecture and the current construction, the quality control has always had an importance of the second order, nevertheless in other fields as it is the industry it has and has had more relevancy, we take the quality philosophies developed during the XXth century as an example, when Demming (1960), contributes his first theories focused on the serial production, applied in few occasions in Spain in constructive processes of the building, all the so-called gurus of the quality as They Swear, Crosby, Ishikawa and Feigenbaum, they base his works on the industry and with his philosophy there begin to take importance the concepts as leadership, management, organization and control.



Índice general

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE GENERAL	X
SIGLAS.....	XII
1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 FUENTES DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2. PALABRAS CLAVE DESCRIPTORES UTILIZADOS.	3
1.3. CONTEXTO HISTÓRICO SOCIAL DEL OBJETO DE ESTUDIO.	4
1.4. JUSTIFICACIÓN / FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
1.5. OBJETIVO.	10
2 CAPÍTULO	17
2.1. ESTADO DEL ARTE (BASES DE PARTIDA).....	17
2.1.1 LA CALIDAD.....	25
2.1.2 LA CALIDAD EN EUROPA.....	26
2.1.3 LA NORMALIZACIÓN	28
2.1.4 EL CONTROL DE LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.	31
2.1.5 HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD.	36
2.1.6 HISTORIA DE LAS HERRAMIENTAS DE CONTROL.	39
2.2 HISTORIA DE LA CALIDAD	47
2.2.1 MESOPOTAMIA	48
2.2.2 EGIPTO	60
2.2.3. GRECIA	62
2.2.4. ROMA.....	68
2.2.5 ROMA EN ESPAÑA	72
2.2.5.1. ARQUITECTURA RELIGIOSA: EL TEMPLO ROMANO	74
2.2.5.2. CONSTRUCCIONES CIVILES	75
2.2.5.3. OBRAS PÚBLICAS	76
3 CAPÍTULO	81
3.1. EL ACUEDUCTO DE SEGOVIA	81
3.1.1 HISTORIA DEL ACUEDUCTO.	82
3.1.2 TRABAJO FOTOGRÁFICO	87



3.1.3	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	92
3.2	PROCEDIMIENTOS A APLICAR	95
3.2.1	TOMA DE DATOS	101
3.2.1.1	MEDIDAS IN SITU.....	103
4	CAPITULO:	109
4.1.	SÍNTESIS Y RESULTADOS	109
5	CONCLUSIONES.....	123
6	CAPITULO	127
6.1	LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....	127
7	CAPITULO	131
7.1	APORTACIONES	131
8	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	135
9	INDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES.	141
	BIBLIOGRAFÍA.....	145
	ANEXOS TABLAS DE DATOS	153



Siglas

3d.	<i>Tres dimensiones</i>
a.c.	<i>Antes de Cristo</i>
AFNOR	<i>Association française de Normalisation</i>
BOE	<i>Boletín Oficial del Estado</i>
CAD	<i>computer-aided design</i>
cm.	<i>Centímetros</i>
CTE	<i>Código Técnico de la Edificación</i>
d.c.	<i>Después de Cristo</i>
E.T.S.A.M.	<i>Escuela Técnica Superior de Arquitectos de Madrid</i>
EFQM	<i>European Foundation for Quality Management</i>
GTC	<i>Gestión Total de la Calidad.</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language (Lenguaje de Marcado de Hipertexto),</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
Km.	<i>Kilómetros</i>
LOE	<i>Ley de Ordenación de la Edificación</i>
m.	<i>Metros</i>
NBE	<i>Normas Básicas de la Edificación</i>
NTE	<i>Normas Tecnológicas de la Edificación</i>
S.	<i>Siglo</i>
SDD	<i>Seguro decenal de daños</i>
STACO	<i>Standard American Común</i>



TQM	<i>Total quality management</i>
UEM	<i>Universidad Europea de Madrid</i>
UVACAD	<i>Utilidad de Visualización Avanzada Con Automatización del Dibujo</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language ('lenguaje de marcas extensible'),</i>



Capítulo 1

INTRODUCCIÓN





1 Introducción

INTRODUCCIÓN GENERAL

“La calidad nunca es un accidente; siempre es el resultado de un esfuerzo de la inteligencia”.

John Ruskin⁹

Como se indicaba en el resumen del trabajo, uno de los principales **objetivos** de este es el análisis de la construcción del Acueducto de Segovia, para verificar la calidad en la ejecución de las construcciones de la antigua historia, en especial en la construcción romana en Hispania, para ello estudiamos en profundidad los materiales, dimensiones y ejecución de esta obra, símbolo de la ingeniería y construcción romana, así como un recorrido por los conceptos de calidad a nivel histórico y actual.

1.1 Fuentes de la Investigación

Para la búsqueda e investigación del trabajo fin de máster han sido diferentes, como ayuda importante los enlaces asociados a la Biblioteca Dulce Chacón de la UEM, así como páginas Web vinculadas con la universidad.

- CIRBIC, Catálogo de Revistas.
- CIRBIC, Catálogo Colectivo de libros de CSIC.
- MECANO Catálogo colectivo de hemerotecas españolas de ingeniería, informática y tecnología.
- ARCANO, Catálogo colectivo español de revistas de arquitectura
- REBIUN, Catálogo Colectivo de libros y revistas de bibliotecas universitarias.
- RUECA, Red Universitaria Española de Catálogos Absys.

⁹ John Ruskin (Londres, 1819 - Brantwood, 1900) fue un escritor, crítico de arte y sociólogo británico, uno de los grandes maestros de la prosa inglesa.



- ICYT, Base de Datos del Instituto e Información y Documentación en Ciencia y Tecnología.
- TESEO. Base de Datos del Ministerio de Educación.
<http://teseo.mec.es/teseo/jsp/teseo.jsp>
- Biblioteca de la Universidad Politécnica de Madrid:
<http://www.upm.es/laupm/servicios/bibliotecas/recursos/electronicos/recursos.html>

Para el tratamiento bibliográfico y citas se ha utilizado el gestor de referencias RefWorks, así como las herramientas relacionadas como RefGrab-it y Write-N-Cite.

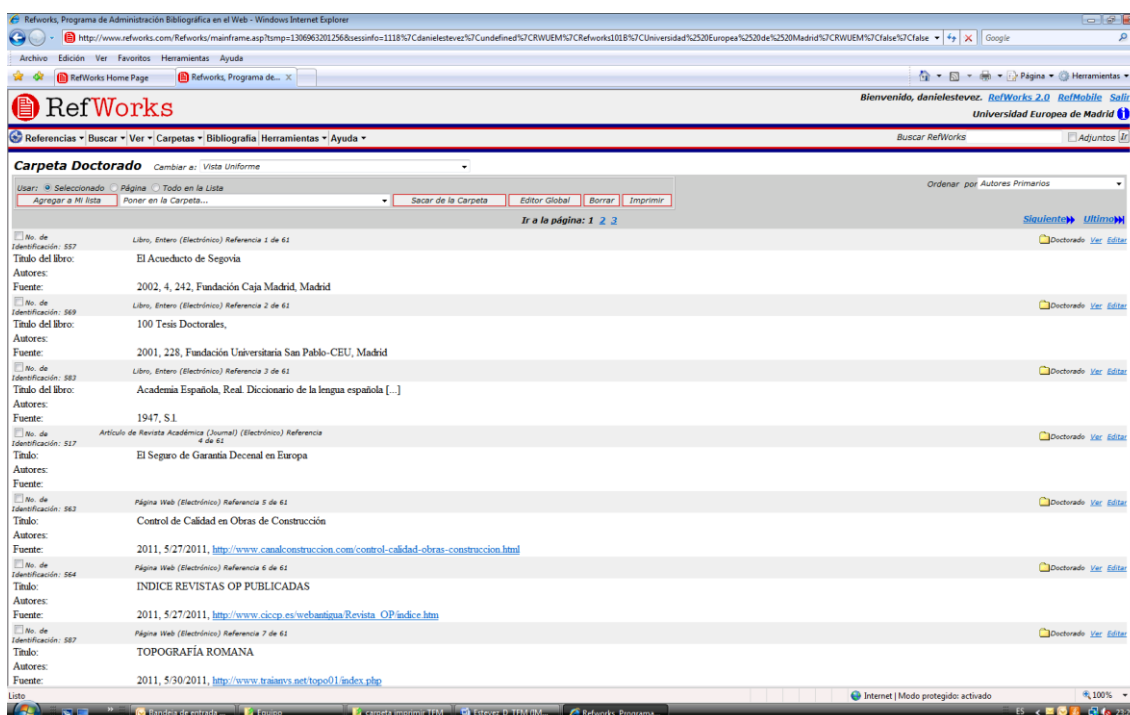


Ilustración 1: Gestor de Referencias Bibliográficas

1.2. Palabras Clave descriptores utilizados.

Las palabras han para la investigación realizada ha sido amplia ya que amañábamos elementos de la historia como temas actuales de normativa, así como sistemas de análisis gráficos, estas son:



Control de Calidad, Normalización, Estándar, Norma, Historia, Mesopotamia, Grecia, Roma, Hispania, Acueducto de Segovia, Construcción, Técnicas de control, Herramientas, Topografía, Quality Control, Standardization, Standard, Standard, History, Mesopotamia, Greece, Rome, Construction, Control Techniques, Tools, Surveying.

1.3.Contexto histórico social del objeto de estudio.

Contexto histórico, está basado en la calidad de la construcción romana en España, en particular en el Acueducto de Segovia, este monumento arquitectónico es difícil de datar su época de construcción debido a la falta de inscripción, que estaba situada en el ático del acueducto, los investigadores lo ubican entre la segunda mitad del siglo I y principios del II, en tiempo de los emperadores Vespasiano¹⁰ o Nerva¹¹.



Ilustración 3: Emperador Romano Vespasiano



Ilustración 2 Emperador Romano Marco Coceyo Nerva

¹⁰ Después de un año (69 d.C.) conocido como "el año de los cuatro emperadores", que empezó con el asesinato de Galba en el Foro, el suicidio de Otón, y la espectacular muerte de Vitelio, Vespasiano se hacía con el poder aunque no sería hasta bien entrado el 79 que no se acabaría con la resistencia en la Galia y en la frontera norte.

¹¹ Marco Coceyo Nerva, Nació en Narni (Umbría) el 8 de noviembre del año 30 d.C., en una familia de rango senatorial, con antepasados nobles y de grandes carreras en el estado. Fue elegido cònsul dos veces: una en 71 con el emperador Vespasiano recompensa por el apoyo mostrado a Vespasiano y al los Falvios en el 69; y la otra en el 90 con el emperador Domiciano, también como recompensa por el aviso de revuelta de Lucio Antonio Saturnino, gobernador de la Germania Superior, en el 89 d.c.



El acueducto de Segovia conduce las aguas del manantial de la Fuenfría, situado en la sierra cercana a 17 kilómetros de la ciudad, en un paraje denominado La Acebeda. Recorre más de 15 kilómetros antes de llegar a la ciudad. El agua se recoge primeramente en una cisterna conocida con el nombre de El Caserón, para ser conducida a continuación por un canal de sillares hasta una segunda torre (llamada Casa de Aguas), donde se decanta y desarena, para continuar su camino. Después recorre 728 metros (con una pendiente de un 1%) hasta lo alto del Postigo (el espolón rocoso sobre el que se asentaba la ciudad en torno al Alcázar). Antes, en la plaza de Día Sanz, hace un brusco giro y se dirige hacia la plaza del Azoguejo, donde el monumento presenta todo su esplendor. En la parte más profunda mide 28 metros (con cerca de 6 metros de cimientos) y tiene dos órdenes de arcos que se sostienen con pilares. En total tiene 162 arcos. Desde su llegada a la ciudad hasta la plaza de Día Sanz hay 75 arcos sencillos y a continuación 44 arcadas de orden doble (esto es, 88 arcos), siguiendo después otros cuatro arcos sencillos. En el primer sector del acueducto aparecen 36 arcos apuntados, reconstruidos en el siglo XV para restaurar la parte destruida por los musulmanes en el año 1072. En el piso superior, los arcos tienen una luz de 5,10 metros, con los pilares de menor altura y grosor que los del piso inferior. El remate es un ático por donde discurre el canal conductor de agua (con una sección en forma de U de 180 x 150 cm), adaptándose el piso inferior a los desniveles del terreno. En el piso inferior, los arcos tienen una luz que oscila alrededor de los 4,50 metros y los pilares disminuyen su grosor de manera escalonada, de abajo arriba: en la coronación tiene una sección de 1,80 x 2,50 metros, mientras que en la base llegan a alcanzar 2,40 x 3 metros.

Está construido con sillares de granito colocados sin argamasa entre ellos. Sobre los tres arcos de mayor altura había en la época romana una cartela con letras de bronce donde constaba la fecha y el constructor.



1.4. Justificación / Fundamentación Teórica.

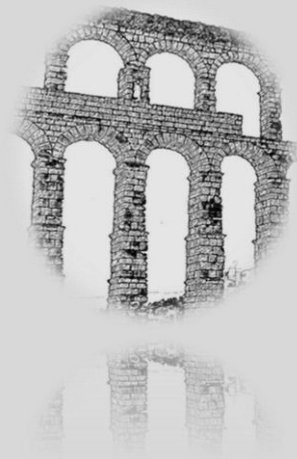
El trabajo que se desarrolla en este documento es el análisis y estudio de las piezas de granito que forman el Acueducto de Segovia, pero en el sentido de la calidad y la normalización de las piezas, el acueducto de Segovia, así como la mayoría de las construcciones Romanas ya están estudiadas de diferentes maneras, ya sean históricas o constructivas, pero pocas veces desde el punto de vista de la calidad y la normalización, donde tenemos la **novedad** de este trabajo, es en la metodología de análisis y la introducción de sistemas de control y de trabajo para la toma de datos, **el objeto del trabajo** es el estudio histórico y arqueológico de las distintas culturas de la edad antigua, con un posterior tratamiento práctico de toma de datos en el Acueducto de Segovia, para determinar las tolerancias de control en la construcción del mismo.





Capítulo 1

1.5 Objetivos





1.5. Objetivo.

Los objetivos es analizar que las medidas, sistemas constructivos y dimensiones de las piezas utilizadas por los romanos se basan en unos principios de estandarización y normalización como indicaba en el resumen del trabajo, “Entre los objetivos del trabajo realizado se pretende crear un procedimiento de control e identificación enfocado a la calidad en la historia de la arquitectura relativas al control dimensional de los materiales de construcción, así como un concienciar de la necesidad del control de calidad en la construcción, en todas sus partes, proyecto, ejecución y materiales, sin dejar ningún tipo de material sin norma de control.”

Las hipótesis de la investigación, está enfocada a la confirmación de un sistema de estandarización, en la fabricación y colocación de las piezas de granito durante la construcción del acueducto de Segovia, para ello se demuestra que las tolerancias de diferencias entre pieza fabricadas siguen un patrón similar a las marcadas hoy en materiales de construcción actuales, como puede ser ladrillos o elementos constructivos de hormigón.

El fundamento metodológico utilizado en la realización de la investigación es una investigación documental (teórica) y Investigación de Campo (práctica), por lo tanto es una investigación combinada, lo consideramos el más acertado, ya que un método completamente experimental no sería de aplicación al tener un fundamento altamente histórico la investigación a realizar.

Por el tratamiento del tema considero que es Teórico-Prácticos combinado con un grado de filosofía al estar enfocado a la Calidad, un tema no muy estudiado, por tanto innovador y por el tratamiento del tema es histórico con técnicas mixtas.

Los métodos utilizados son como indicaba anteriormente por una parte documentales, mediante la investigación de la documentación obtenida en libros y revistas, así como de páginas web, basándonos en esta parte



prácticamente en la toma de datos de las civilizaciones a estudiar, y basado en el control de calidad, estandarización y normalización, que son temas poco tratados, ya que todos los libros y artículos están basados en la historia propiamente dicha y de forma particular en la construcción, por este motivo podemos considerarlo como poco estudiado y con amplias posibilidades de investigación.

Mezclamos la investigación bibliotecaria o documental con técnicas de medida y representación gráfica, en la toma de datos o medidas, de un elemento arquitectónico en particular, para poder centrar nuestra investigación en un elemento más particular y demostrar de esta forma la normalización de los elementos de construcción que forman parte del Acueducto de Segovia, construcción simbólica de la arquitectura romana en España.

Para la realización y toma de estos datos utilizamos dos sistemas diferentes para poder obtener los datos con la mayor exactitud posible:

- 1) Fotogrametría.
- 2) Escáner 3D

La elección de estos sistemas han sido por considerarlo los más adecuados para la realización de toma de datos, con muy buenas precisiones, así como la experiencia ya realizada en otros trabajos como los indicados en la Tesis *“Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del patrimonio Arquitectónico y Arqueológico”* de Jose Antonio Barrera Vera, Doctor por la Universidad de Sevilla.

Para la realización de la fotogrametría nos basamos en los datos tomados in situ, mediante metros tradicionales y equipos topográficos, después la transposición de estos datos a planos gráficos utilizando el programa informático **on-site photo**, Levantamiento fotogramétrico mediante algoritmos de fotogrametría avanzados, corrige las deformaciones fotográficas, rectifica las imágenes, identifica las líneas de fuga y calibra a escala las fotos tomadas en posición no ortogonal. La corrección de las distorsiones del objetivo



fotográfico y la identificación de las líneas de fuga en la foto se representan con una malla, permite encontrar la perspectiva justa de forma interactiva. La calibración de la foto a escala requiere tan sólo de dos medidas. Permite calibrar fotos con una gran precisión, incluso en casos donde las medidas tomadas son pequeñas, Levantamiento de planos en papel transforma los dibujos en planta y planos escaneados en modelos CAD 3D, dibujando con muros 3D directamente sobre el plano digitalizado, Intercambio de datos La fotografía rectificada y los gráficos realizados sobre ella en se pueden exportar a los formatos CAD más utilizados para ser reelaborados en cualquier programa de CAD. La exportación a Allplan es directa, en formato XML 2D o 3D. También dispone de un interface que permite la comunicación con AutoCAD 2002...2006. Identificación y cálculo de superficies integra funciones para el reconocimiento automático de las superficies, Restitución del levantamiento permite dibujar geometrías bidimensionales exportables a cualquier programa de CAD juntamente con la imagen. La exportación se puede realizar indiferentemente en perspectiva o bien rectificada en vista ortogonal. El resultado final ofrecido está constituido por un dibujo 2D del elemento arquitectónico levantado, de la foto restituida y de datos del levantamiento (superficies, perímetros, longitudes, colores,...); estos últimos se exportan directamente en formato Word, Excel o HTML.

También se realiza un levantamiento mediante orto-alzado¹² del Acueducto de Segovia, el trabajo a realizar es La fotogrametría tridimensional a distancia del Acueducto, para estudiar las dimensiones de forma milimétrica de los sillares de piedra, realizándolo mediante Spatial Station (estación espacial) que consiste en un sistema de posicionamiento avanzado que utiliza tecnologías óptica y de escaneado para medir en 3D a fin de producir datos 2D y 3D.

¹² Es un modelo tridimensional fiable del edificio "es como un escáner o una fotocopia pero en tres dimensiones" podemos realizar cortes virtuales por tantos lugares como necesitemos. Utilizado para la lectura de paramentos, técnica que emplean los arqueólogos para ir fechando las diferentes partes de un edificio.



Los resultados obtenidos topográficamente se analizan y se trabaja con el programa **UVACAD** (Utilidad de Visualización Avanzada Con Automatización del Dibujo) es un programa desarrollado a raíz del proyecto MAPA (Modelos y Algoritmos para el Patrimonio Arquitectónico) por el grupo de investigación DAVAP (Digitalización, Análisis y Visualización Avanzada del Patrimonio) y el LFA (Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica) pertenecientes a la Universidad de Valladolid. Está diseñado para la gestión de nubes de puntos obtenidas desde dispositivos de escáner láser tridimensional.

Todos los datos los analizo estadísticamente para estudiar los datos obtenidos y comprobar la existencia de normalización y procesos de control de calidad dentro de la construcción romana y en especial del acueducto de Segovia.

La descripción de los *datos cuantitativos*, tales como longitudes, consumos, etc., se refiere al cálculo de toda clase de estadísticos (*medida de localización, tales como la media, la mediana, la moda y los cuantiles (quintiles, deciles, percentiles, etc.) y medida de dispersión*, tales como la varianza, la desviación típica, el rango, el coeficiente de variación, etc. Asimismo, las descripciones anteriores (opciones con salida en forma de tablas o tabulares), se pueden contemplar en modo gráfico, con histogramas, gráficos de tallo y hojas (*Stem and Leaf Plots*), gráficos de caja y bigotes (*Box-and-Whisker Plots*), diagramas de barras y de pastel, con las correspondientes opciones tridimensionales y sus correspondientes propiedades de rotación horizontal y vertical, etc.

Síntesis del Capítulo 1

Para sintetizar este capítulo resumimos que los trabajos a realizar son un estudio teórico sobre la calidad y su historia, descrito en el capítulo 2 del documento, combinado con un trabajo de campo con equipos topográficos, escáner 3d y software de tratamiento de datos para el análisis de los sillares del acueducto de Segovia, estudiando las tolerancias, normalización y estandarización de la calidad de las construcciones romanas en España.



Capitulo 2

ESTADO DEL ARTE





2 Capítulo

2.1. ESTADO DEL ARTE (Bases de Partida)

Como indican varios autores y profesores¹³, el estado del arte es el recorrido que se realiza a través de una investigación de carácter bibliográfico con el objeto de conocer y sistematizar la producción científica en determinada área del conocimiento. Esta exploración documental trata de elaborar una lectura de los resultados alcanzados en los procesos sistemáticos de los conocimientos previos a ella.

En este sentido, dar cuenta del estado del arte significa explicar qué se ha investigado hasta ahora en relación con nuestro tema específico de estudio, intentando distinguir, además, el modo en que nuestra investigación puede significar un enriquecimiento de los conocimientos existentes y no una mera reiteración de estudios anteriores.

En las tesis, artículos y libros analizados, no encontramos ninguno que indique o que hable de la Calidad en la construcción de antiguas civilizaciones, si algún comentario en alguna revista o trabajos relacionados con el control de calidad en la actualidad, pero siempre a modo de introducción, como inicialmente comencé esta investigación, ya que el primer enfoque del trabajo era un estudio sobre el seguro decenal de daños en España (SDD), pero por falta de información facilitada por las compañías, modifique el enfoque del estudio, basándolo en un tema apasionante, que el trabajo realizado para la

¹³ Umberto Eco, Se doctoró en Filosofía y Letras en la Universidad de Turín en 1954 con un trabajo que publicó dos años más tarde con el título de El problema estético en Santo Tomás de Aquino (1956). Trabajó como profesor en las universidades de Turín y Florencia antes de ejercer durante dos años en la de Milán. Después se convirtió en profesor de Comunicación visual en Florencia en 1966. Fue en esos años cuando publicó sus importantes estudios de semiótica *Obra abierta* 1962 y *La estructura ausente* 1968, de sesgo ecléctico. Desde 1971 ocupa la cátedra de Semiótica en la Universidad de Bolonia. En febrero de 2001 creó en esta ciudad la Escuela Superior de Estudios Humanísticos, iniciativa académica solo para licenciados de alto nivel destinada a difundir la cultura universal. También cofundó en 1969 la Asociación Internacional de Semiótica, de la que es secretario.



introducción de mi primer enfoque sobre el trabajo de fin de máster, convirtiéndose en el cuerpo principal del mismo.

El objetivo principal de este trabajo no es otro que la investigación sobre documentos que analizan los sistemas constructivos y materiales de los que disponemos de documentación, existiendo infinidad de libros y documentos que tratan tanto las construcciones, arquitectura y edificaciones de la edad antigua, así como específicamente las dedicadas al acueducto de Segovia, como es el caso del artículo escrito por Francisco Jurado Jiménez¹⁴ (Arquitecto), en la revista OP Ingeniería y Territorio en su número 57 del año 2001, donde trataba el estado y estudio de la estabilidad estructural del acueducto, por otra parte existen otros artículos como Las Tres Edades De La Construcción de Luis de Villanueva Domínguez¹⁵, el cual fue Dr. Arquitecto Catedrático de Construcción. E.T.S.A.M. Universidad Politécnica de Madrid donde trata de manera resumida los sistemas constructivos durante la historia de la construcción, y otros magníficos trabajos como Diccionario Lid De Construcción e Inmobiliario, los cuales honran su memoria.

Otro artículo o estudios sobre el Acueducto es el tratado por el profesor Francisco Jurado Jiménez el cual indica:

“El Acueducto de Segovia es la obra de ingeniería civil romana más importante de España. A su importancia histórica hay que sumar su valor estético y monumental, debido, fundamentalmente, al inolvidable impacto visual que provoca su contemplación casi desde cualquier ángulo... Sin embargo, la parte visible no deja de ser un pequeño tramo de todo un complejo hidráulico que puede rastrearse casi en su totalidad. Es obvio el valor arqueológico, no solo de la conducción enterrada sino de la propia cacería aérea. Por otro lado, esta

¹⁴ El autor de este artículo es profesor desde 1978 del Departamento de Estructuras de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, con una vasta experiencia en el campo de la restauración de monumentos, entre los que se encuentran la Mezquita del Cristo de la Luz y la Sinagoga de Santa María la Blanca, en Toledo, el conjunto de San Jerónimo el Real de Madrid, el monasterio de San Jerónimo de Granada, etc.

¹⁵ Referencia muy especial al querido profesor **D. Luis de Villanueva Domínguez, en su memoria.**



construcción, hasta no hace mucho tiempo, estuvo en uso y su característica funcional ha perdurado durante sus casi dos milenios de existencia, cuestión esta que ha tenido un peso importante en su íntegra supervivencia.

Por otra parte, el Acueducto, a diferencia de otras construcciones similares, ha dado vida a lo largo de los siglos a un núcleo urbano que, en gran medida, se ha ido formando bajo su referencia (importante característica urbana). Es decir, no se trata de un resto del pasado mejor o peor conservado que ha quedado al margen del desarrollo de la ciudad, no se trata de un monumento muerto que solo pueda ser contemplado como un objeto de museo y venerado por su importancia histórica. El acueducto romano es el elemento distintivo de la ciudad de Segovia, no solo porque la atraviesa totalmente sino porque la ciudad no sería tal, ni en su fisonomía ni en su actividad, sin este atributo permanente. Aparte de todas las características enunciadas, quizás las más importantes sean, sobre todo para los segovianos, las culturales y las patrimoniales.

Al recabar toda la información existente sobre el Acueducto, podemos elaborar el historial de la construcción. Fotografías, grabados, planimetrías antiguas y modernas; textos de carácter histórico o documental; información arqueológica, revisión de intervenciones modernas, etc., todo ello nos permite observar y analizar, de un modo crítico lógicamente, la evolución del deterioro y las modificaciones que la construcción haya podido sufrir. Al realizar el máximo de estudios posibles podemos establecer una diagnosis fiable, científica y precisa del estado real del conjunto.

Sin embargo, no se trata de recopilar estudios así como así, sino de investigar en todos aquellos aspectos que nos conduzcan, de la manera más rápida y fiable, hacia la diagnosis y las propuestas de intervención. En este sentido es fundamental la labor y la responsabilidad del director de los trabajos, que ha de realizar un análisis crítico, utilizando lo que en terminología médica se denominaría “ojo clínico”, derivado normalmente de una buena dosis de conocimientos y experiencia.



La suma de muchos especialistas trabajando en paralelo no es garantía de éxito y tiene que ser labor de la dirección de los trabajos el determinar hacia dónde se encamina la investigación, la calibración real y objetiva de los males que afectan al monumento y la propuesta de actuaciones medidas y pausadas.

Los primeros planos que se utilizaron en los trabajos fueron realizados por nuestra oficina, basándonos en fotogrametrías parciales anteriores, planos de la ciudad de Segovia y medidas propias. Incluso se realizaron hipótesis de despiece interior de las pilas (disposición de sillares no visibles) que fueron corroboradas posteriormente mediante la utilización de endoscopias y extracción de algunos testigos. Sin embargo, era evidente la necesidad de poseer una fotogrametría detallada de la totalidad del Acueducto.⁷ La fotogrametría puede utilizarse para hacer planos más o menos atractivos del monumento a restaurar, dotando al trabajo de un carácter científico; sin embargo nuestro criterio fue utilizarla para ordenar la información: cada sillar se convirtió en un bloque de información al que se asocian las entidades que los definen, así como una ficha de información. A su vez, establecimos los criterios para tener una nomenclatura definitiva, con solo ocho dígitos, de cada uno de los sillares. También se incluyó una representación esquemática tridimensional de cada sillar para permitir visualizaciones rápidas de zonas amplias



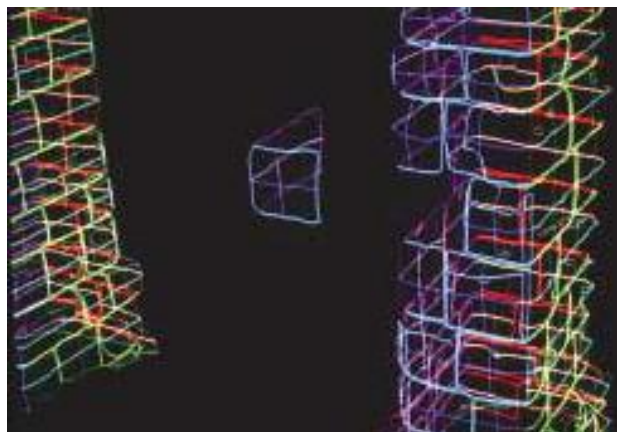


Ilustración 4 Fotogrametría tridimensional, figura 8 pag 17
revista OP- Ingeniería y Territorio

El conocimiento del “nombre” de cada sillar permite el almacenamiento ordenado de toda la información. La fotogrametría tridimensional no solo sirve así para hacer planos en los proyectos, sino que se convierte directamente en el “input” y el “output” gráfico de todas las bases de datos que se realicen, tanto numéricas (daños, datos medidos, patologías, análisis...) como gráficas (antiguas fotografías, grabados de interés, fotografías actuales antes y después de intervenir...).

Podemos afirmar, sin temor a equivocarnos, que en pocos monumentos se ha utilizado la fotogrametría tridimensional con las posibilidades de aprovechamiento que aquí se tienen, ni si quiera en aquellos casos en los que se desmonta una construcción para luego volver a montarla.”

También M^a de los Ángeles Utrero Agudo Doctora en Prehistoria y Arqueología por la Universidad Autónoma de Madrid, tiene publicado el trabajo titulado “Arqueología hacia el Análisis de la Arquitectura”, donde propone un análisis de la prehistoria de la arqueología de la arquitectura, explorando y exponiendo las principales circunstancias históricas y metodológicas.

Dentro la documentación tratada tenemos la tesis doctoral de D. Jose Antonio Barrera Vera¹⁶, cuya relación con nuestro trabajo es la metodología y utilización

¹⁶ Profesor titular de la Universidad de Sevilla, en área de especialización de Expresión grafica en la Arquitectura.



de técnicas topográficas y escáner 3D, el título de la tesis es *“Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico”*.

Otro trabajo realizado por Luis Caballero Zoreda, Arqueólogo Doctor en Historia por la Universidad Complutense de Madrid con el título: *“Experiencia Metodológica en Arqueología de la Arquitectura de un Grupo de investigación. Instituto de Historia. CSIC. Madrid”* Donde realiza un estudio arqueológico de edificios históricos, con sistemas y procedimientos de trabajo similares a los utilizados en nuestro trabajo fin de máster.

También artículos en revistas como AUTOCAD Magazine, en su número 37 de Junio y Julio de 1995, escrito por D. Jose Vicario, Ingeniero Técnico de Obras Publicas, con el título *“Restitución fotogramétrica digital del acueducto de Segovia”*.

A partir de aquí y de otros trabajos similares, **pretendemos realizar nuevos estudios** para determinar con dimensiones de **piezas que nivel de calidad** y normalización existían en la época romana en Hispania, **que es el objetivo principal de la investigación**.

Como indicamos en varios textos del trabajo el inicio de la Calidad se remonta a la prehistoria, como inicios básicos.

Sabemos que los conceptos conocidos de la calidad comienza prácticamente con la revolución industrial, y se define en el siglo XX, pero como filosofía o concepto, la calidad surge cuando surge la civilización tal y como la conocemos, desde que el hombre comienza en la utilización de materiales, ya sea para caza o utensilios de cocina etc.... indirectamente desechaban los elementos, que no eran útiles, como cuchillos sin la forma deseada para que sean prácticos.

Como introducción a estudio de análisis, observamos que en los bajos relieves del Egipto faraónico, relativos a trabajos de construcción, se diferencian dos



tipos de operarios, unos realizando trabajos de construcción y otro tomando medidas o verificando estos trabajos, ya desde el antiguo Egipto se disponía de amplios conocimientos matemáticos y de medidas necesarios para estos controles, y el disponer de esta calidad, ya que si no se dispone de los mismos, no se podrían haber encajado con tanta exactitud los distintos mampuestos y rocas talladas en las edificaciones.

Este personaje se puede considerar como el primer inspector de calidad, tan extendidos hoy en los temas de construcción.

También en el antiguo Egipto se recogen los primeros intentos de normalización; así en 1550 a.c. se normaliza el codo real como unidad de medida de longitud.

En las culturas del Próximo Oriente Antiguo son los dioses quienes dictan las leyes a los hombres, por eso, las leyes son sagradas. En este caso es el dios Samash, el dios sol, dios de la Justicia, quien entrega las leyes al rey Hammurabi de Babilonia (1790-1750? a. C.), y así se representa en la imagen que figura sobre el conjunto escrito de leyes.

Estela donde se hallan grabadas las 282 leyes de l Código de Hammurabi. En la parte superior el rey Hammurabi (en pie) recibe las leyes de manos del dios Shamash. La estela fue encontrada en Susa, a donde fue llevada como botín de guerra en el año 1200 a. C. por el rey de Elam Shutruk-Nakhunte. Actualmente se conserva en el Museo del Louvre (París).

Referente a la construcción se citan las siguientes leyes:

- 228 Si un constructor concluye la construcción de una casa, deberá percibir en concepto de honorarios dos siclos de plata por cada “sar” de superficie edificada.
- 229 Si un constructor construye una casa, pero su obra no es lo bastante resistente, y luego resulta que la casa que él ha construido se derrumba causando la muerte del propietario de la misma, el constructor será condenado a muerte.



- 230 Si el derrumbamiento causa la muerte del hijo del dueño, se condenará a muerte al hijo del constructor.
- 231 Si el interfecto es un esclavo del propietario, el constructor deberá indemnizarle con un esclavo del mismo valor.
- 232 Si el derrumbamiento destruye la propiedad tendrá que pagar todo lo que destruyó. Es más, por no haber construido la casa en las debidas condiciones de resistencia, de tal manera que se derrumbó, se verá obligado a reedificarla de su propio pecunio.
- 233 Si un constructor construye una casa, pero no remata bien su obra, de forma que se derrumba una pared, deberá levantar dicha pared por sus propios medios.

Síntesis Estado del Arte

A partir de los documentos tratados, y de otras investigaciones como base, confeccionamos nuestro trabajo de investigación basado en el control de calidad, para ello también quiero definir distintos tipos de trabajos e investigaciones referidos a la calidad desde distintos puntos de vista.

Estos comentarios sobre la calidad son en los que nos fundamentamos en nuestro trabajo de la calidad en la antigua historia, para ello debemos entender, conceptos claves, como:

- Calidad, definiciones de la calidad en distintos documentos y épocas.
- La Calidad en Europa, normativas y procedimientos, así como entidades destinadas al control.
- La Normalización, definiciones y su historia.
- El control de la calidad en la construcción, entendiéndola en la actualidad y porque es difícil la mentalización o un control de calidad como en las industrias.
- Herramientas de control de calidad, de medida y equipos utilizados.
- Historia de herramientas de control o medida.



Los cuales desarrollo para tener una visión general sobre conceptos de calidad y su evolución histórica, para entender el análisis de la construcción del acueducto desde el punto de vista de la calidad en la ejecución y fabricación de las piezas de granito que lo forman.

2.1.1 La calidad

En este apartado resumo las distintas definiciones de calidad que se contemplan diversas normativas:

Calidad es un concepto manejado con bastante frecuencia en la actualidad, pero a su vez, su significado es percibido de distintas maneras. Al hablar de bienes y/o servicios de calidad, la gente se refiere normalmente a bienes de lujo o excelentes con precios elevados. Su significado sigue siendo ambiguo y muchas veces su uso depende de lo que cada uno entiende por calidad.

Muchos autores han dado su propia definición del término calidad:

W. Edwards Deming indica que: *"El control de Calidad no significa alcanzar la perfección. Significa conseguir una eficiente producción con la calidad que espera obtener en el mercado"*.

Joseph M. Juran define la calidad como: *"Adecuación al uso"*.

Philip Crosby lo define como: *"Conformidad con los requisitos"*.

Armand V. Feigenbaum define la calidad como: *"La composición total de las características de los productos y servicios de marketing, ingeniería, fabricación y mantenimiento, a través de los cuales los productos y los servicios es unos cumplirán las expectativas de los clientes"*.

Norma ISO 9000.2000: *"Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos"*.



Según Ricchard J. Schonberger, uno de los expertos en esta materia, *"... la calidad es como el arte. Todos la alaban, todos la reconocen cuando la ven, pero cada uno tiene su propia definición de lo que es"*.

El diccionario de la Real academia Española define la calidad como *"propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite apreciarla como igual, peor o mejor que las restantes de su especie"*.

Por lo tanto, la Calidad se puede definir como una característica que distingue a las personas, a los productos y/o a los servicios, lo cual resulta ya una interesante aproximación al concepto de calidad aplicado a las organizaciones.

2.1.2 La calidad en Europa

Existe entre los usuarios de la información, una confusión generalizada entre los conceptos de Calidad Total, Modelo EFQM e ISO 9001.

Según veremos en el punto de terminología, las definiciones de cada uno de estos conceptos son las que a continuación se exponen:

Calidad total: Concepto de gestión empresarial que sitúa como primer objetivo de la misma la calidad del bien o servicio ofrecido y la satisfacción del cliente, a través de la mejora continua.

ISO 9000 (Internacional Standards Organization) Conjunto de normas que certifican que una organización dispone de un sistema de calidad acorde a una serie de requerimientos y recomendaciones definidas por la misma.

Modelo EFQM (European Foundation for Quality Management).

El modelo EFQM es un modelo, que se utiliza como una guía Europea para llegar al concepto de Calidad Total, es decir para lograr medir el nivel de calidad total alcanzado por las organizaciones que lo implementan, mientras que la norma ISO 9001 es una guía para el aseguramiento de la calidad de los sistemas.



La Calidad Total es una filosofía de organización, que el modelo EFQM trata de medir a través de criterios e indicadores que nos evalúan, a efectos de saber qué nivel de calidad tenemos en nuestra organización, y que para poder alcanzar dichos criterios, las organizaciones han de implementar un Sistema de Aseguramiento de la Calidad, que demuestre y deje constancia de dicha calidad, para lo cual se deben utilizar las guías que marcan las Normas UNE EN ISO 9001.

En 1988 se crea la European Foundation for Quality Management (EFQM), organización que apuesta por los modelos de gestión de calidad total (GTC o TQM), estrategias encaminadas a optimizar los recursos, a reducir costes y a mejorar los resultados, con el objetivo de conseguir la mejora continua del proceso productivo.

Según la “International Organization for standardization” (ISO), en su norma 8402, ha definido a la calidad como “la totalidad de características de una entidad que le confiere la capacidad para satisfacer necesidades explícitas e implícitas”.

El Modelo EFQM de Excelencia, también llamado Modelo Europeo de Calidad está siendo aplicado por organizaciones de todo tipo como guía de referencia en la búsqueda de la excelencia empresarial.

El modelo, es un modelo no-preceptivo, que trata de medir la excelencia de las organizaciones, a través nueve criterios, de los cuales cinco son “agentes facilitadores”, que tratan sobre lo que las organizaciones logran, y cuatro son “resultados” que son la consecuencia de los agentes facilitadores.

Las organizaciones excelentes son aquellas capaces de lograr resultados sobresalientes para sus grupos de interés (clientes, accionistas, sociedad...) y mantener este nivel de resultados en el tiempo (mejora continua, innovación, adaptación ante cambios...).



2.1.3 La normalización

Según D. Antonio Luis García Gutiérrez¹⁷, Profesor adjunto de Documentación Facultad (le Ciencias de la Información de la universidad Complutense de Madrid, indica que: “La normalización existe desde que el mundo fue creado. La Naturaleza está normalizada. Sus ciclos se aferran fielmente a unas reglas preestablecidas e inmutables. El hombre, además, como parte de ella, busca inconscientemente la norma: sincronizar dos relojes para una cita posterior es un acto de normalización. Así pues, no es nueva la normalización como pudiera serlo la aeronáutica espacial o la física nuclear. Lo único que es novedad en la normalización, al decir de Sanders¹⁸, es *‘la forma en que los hombres del siglo xx la han abordado. Los sistemas planetarios, el nido de una golondrina o el panal que construyen las abejas son ya ejemplos extraordinariamente precisos de norma industrial’*. La normalización se presenta hoy, en manos de la humanidad, como la mayor arma contra el subdesarrollado y el oscurantismo.

La mayoría de los autores reconocen que una norma debe reposar sobre bases científicas eficaces y apoyarse en unos resultados directos comprobados técnica y científicamente, ‘así como por la experiencia en los más Variados campos.

Nos encontramos ahora con la necesidad de delimitar el **concepto norma**, hallamos la de la Real Academia de la Lengua, la cual la define en segunda acepción y figurada, como ‘regla que se debe seguir o a que se deben ajustar las operaciones.

El sentido de ajuste lo recoge el derecho, en definición particular, al considerar la norma como obligación incluso por medios coactivos. En efecto, el hombre es un ser sociable y para vivir en una sociedad son necesarias

¹⁷ Catedrático de la Universidad de Sevilla, en la Facultad de Comunicación.

¹⁸ Sanders, 1 R. B: Objctmjk et Príncipes de la Nonnalisation. Pr de Olle Sturen. Genève, Iríernational Organization for Standardizatíots, pág. 3.



ciertas reglas de conducta. Por tanto, y desde esa perspectiva, hay que entender por norma, ‘toda regla de conducta de observación obligatoria, diferente de la simple regla técnica que es aquella que prescribe los medios idóneos para el logro de un fin.

Dos investigadores del órgano de normalización francés «AFNOR», La Ferte y Sutter, conciben el vocablo norma como ‘dato referencial resultante de un trabajo colectivo, razonado, con el fin de servir de base de entendimiento para la resolución de problemas repetitivos’».

Otra característica de la norma debe ser la seguridad o fiabilidad rasgo otorgado, sin duda, también por el consenso. En este sentido, el Instituto Nacional de Racionalización y Normalización español (IRANORÍ), define la norma como un ‘documento que simplifica, especifica y unifica un material, un producto, un ensayo, una unidad, una terminología.

Resumiendo todos los datos de nuestro interés, mencionados anteriormente, nos acogemos a una escueta definición de norma que coincide con la aportada por la STACO (Standard American Comúnión):

“Es el resultado de una normalización realizada en un campo determinado y aprobada por una autoridad reconocida. Entiéndase autoridad reconocida como acuerdo resultante de los trabajos realizados por expertos y ratificados por la comunidad de usuarios e interesados en el asunto normalizado. La norma puede partir de principios universales, o bien, de otras normas, unidades o constantes de base denominados patrones, y necesita el apoyo de definiciones, características, dimensiones, calidades, métodos, reglas de empleo”.

Cada uno de estos elementos pueden formar parte de la propia norma (están normalizados a la vez) o servir de base de elaboración (son aceptados mayoritariamente y por tanto estabilizan las proposiciones normativas



ulteriores). De ahí que sea el foro internacional el terreno más apropiado para engendrar normas.

Los diversos conceptos de norma y normalización en un sentido teórico y aislado. Si bien parece que ya han quedado dirigidos en cierta manera los conceptos norma y normalización hacia el área documental, al haber ido prescindiendo paulatinamente de la generalización, o de alusiones a la normalización jurídica, industrial, etc., sentidos que, en definitiva, ya han sido desarrollados exhaustivamente por muchos autores.

Clasificación de las normas:

- Normas particulares o de empresas: Elaboradas por entes aislados para uso propio y también por personas. Eliminando la restricción impuesta por la palabra empresa, denominaremos a este tipo de normas como individuales o institucionales.
- Normas especiales o industriales: Creadas por las necesidades de un ámbito técnico afín. Nuevamente generalizando, las llamaremos especializadas, sean científicas o técnicas.
- Normas nacionales: Son aquellas aplicadas en los ámbitos nacionales, generalmente recomendadas, pero a veces obligatorias. Son provenientes, en la mayoría de los casos, de la Administración Pública.
- Normas regionales: Son de carácter optativo y abarcan vados países en una región del mundo con caracteres o intereses Mines. No deben confundirse con las regulaciones, de uso obligatorio por los firmantes de ciertos tratados comerciales, etc., como es el caso de los países de la CEE.
- Normas internacionales: Son las destinadas a los países miembros de las organizaciones internacionales que las emiten.



2.1.4 El control de la calidad en la construcción.

En la construcción y en la industria considera que se ha alcanzado la calidad cuando se ha satisfecho las necesidades del cliente, para ser mas específico con la construcción, cuando se han cumplido las prescripciones de la normativa ya sea de obligado cumplimiento o no.

Se debe de tener en cuenta, cuando un promotor o vendedor en la construcción habla, o en su documentación publicitaria indica que existe una memoria de calidades, no se puede confundir con la calidad de la obra, sino la identificación del tipo de material que se coloca.

El promotor, según la norma, solo podrá hablar legítimamente de calidad, cuando acredite que las características de los materiales y la ejecución están previamente definidas y durante el proceso se alcanza esas propiedades.

El control de calidad es un ejercicio de dominar el proceso de la producción, no se puede poner el mercado cualquier producto, o elemento que además no se ajuste a la demanda de los clientes, es reciproco tampoco el cliente puede exigir cierta calidad si no solicita o realiza un pedido con las especificaciones suficientes, esto se traduce si no existe un contrato (en el caso de la construcción un proyecto y/o ideas claras del producto final), y un compromiso por parte del fabricante de su ejecución, se potencia una falta de calidad.

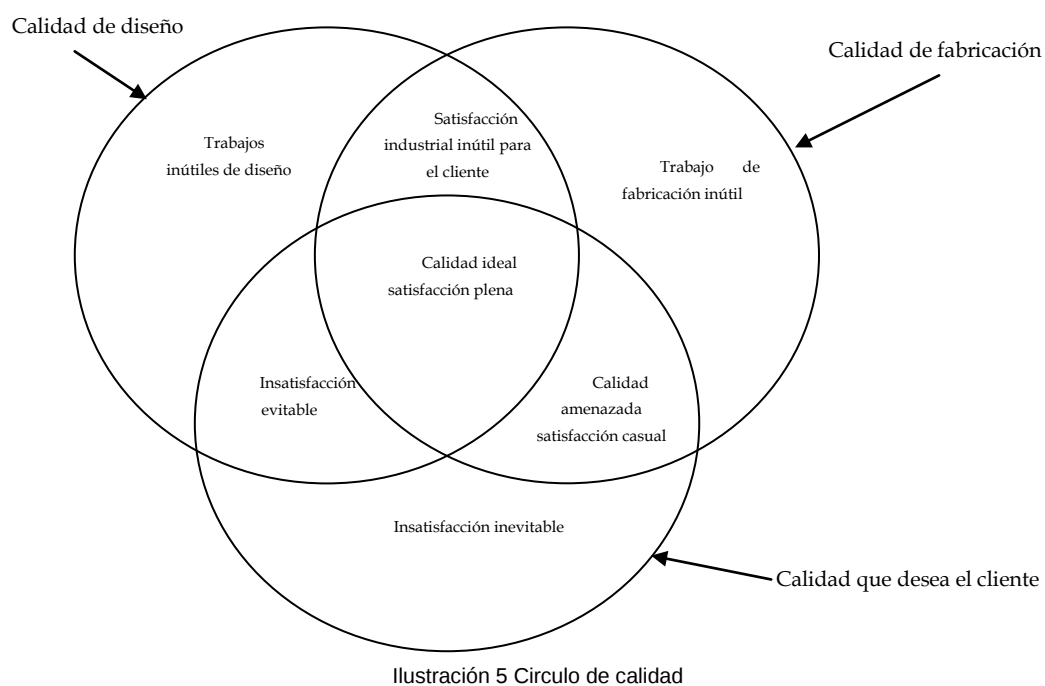
Según Deming *“la calidad no es un producto de lujo, o complicado, o raro, sino que es adecuación al uso, necesidades del cliente, necesidades de satisfacción”*, por este motivo necesitamos definir unos parámetros de calidad, surgiendo tres parámetros de calidad:



La calidad del diseño: Que se alcanzaría cuando las especificaciones fueran tales la adecuación al uso que busca el cliente.

La calidad de fabricación: En la medida de los productos fabricados se ajusta a las especificaciones del diseño.

Calidad que busca el cliente: adecuación al uso, satisfacción del cliente, cumplimiento de las dos anteriores.



Como se sabe la calidad en la construcción la opinión general es que es inferior de la que se puede obtener en una industria, debiendo ser bastante superior debido al volumen de la construcción.

Lo malo es que la construcción tiene características propias y diferentes, al resto de la industria y hace más difícil la aplicación de técnicas de calidad.

Las principales diferencias entre el sector de la construcción y la industria en general las podemos definir como las siguientes:

- i. La construcción es una industria nómada, constancia de materiales y procesos es más difícil de conseguir entre otras industrias de carácter fijo.



- ii. Se crean productos únicos y no trabajos en serie.
- iii. No se puede aplicar una producción en cadena, dificulta la organización y control de los trabajos.
- iv. Industria tradicional, con pocos cambios.
- v. Mano de obra poco cualificada, carácter eventual y poca promoción, baja motivación.
- vi. Se trabaja a la intemperie, dificultad en el trabajo y almacenajes.
- vii. El producto es único o casi único en la vida de cada usuario, influye poco el usuario.
- viii. Las especificaciones de la construcción son complejas, la calidad esta mal definida de origen.
- ix. Confusión en las responsabilidades, influye en el resultado de la calidad.
- x. El grado de precisión es menor que en otras industrias, (frase típica no estamos haciendo relojes)

A todo esto se suma, que la construcción no es un mercado estable, dependiendo de la coyuntura política en cada momento, y de la marcha general de cada momento, así como de los intereses hipotecarios.

Los ciclos de punta y valle se suceden de forma difícilmente previsibles, lo que dificulta el establecimiento de políticas de calidad estables en las empresas.

El control técnico en construcción es una actividad compleja que afecta a todas las fases del proceso.

La evaluación de casos de patología muestra de forma evidente, que el control debe abarcar el Proyecto, los Materiales, la Ejecución y las Unidades terminadas, por existir en todos ellos riesgos, que deben ser mantenidos bajo control, a fin de obtener la fiabilidad de que la construcción cumplirá, entre



otros, las condiciones de seguridad, durabilidad y funcionalidad a las que debe responder.

El control de calidad en la construcción se basa en los siguientes puntos:

Control de proyecto.

Verificando que se puede construir, que cumple con la normativa y es estable.

Control de ejecución y de ensayos

Una vez analizado el proceso de concepción o diseño, se debe de iniciar el seguimiento de la ejecución de la obra.

El control de ejecución verifica que los trabajos se van realizando siguiendo las pautas marcadas por los documentos del proyecto.

Verificación de los resultados de los ensayos a los materiales y equipos.

Una incorrecta especificación aumenta el nivel de riesgo de usuario, ya que se suma al resto de los inherentes al proceso constructivo.

El análisis de patologías, y los datos que se deducen de estos análisis justifican la necesidad de ejercer un control de todas las fases del proceso.

Se adjunta el siguiente cuadro, en el que, para el caso de estructuras de hormigón armado, se pone de manifiesto que es el proyecto causante de daños.

Sin embargo el proyecto es la fase que menos exigencias tiene en nuestro país.

Los materiales son la tercera causa productora de daños y éstos son los que más se controlan y a su vez son los más reglamentados en nuestro país. Se suele confundir el control de calidad con control de materiales.



CAUSAS CON ORIGEN EN	%
Proyecto	41
Ejecución	31
Materiales	13
Uso y Mantenimiento	11
Varios	4

Tabla 1 % Patologías y su origen

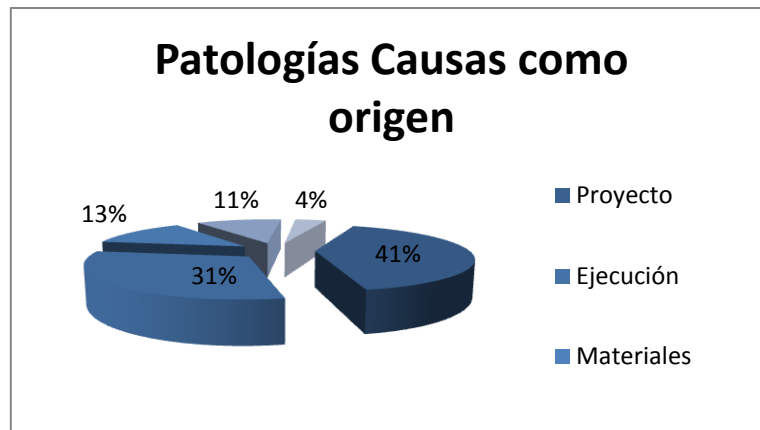


Ilustración 6 Grafica causas como origen de patologías, datos de AIC

Por otro lado del análisis de las unidades de obra que presentan daños, también puede extraerse conclusiones analizando los datos de la siguiente tabla.

UNIDADES O PARTE DE OBRA	%
Cimientos y estructuras	16,2
Tabiques y cerramientos	28,2
Revestimientos (suelos y techos)	12,5
Cubiertas	12,2
Instalaciones	21,3
Carpinterías	6,3
Otros	3,3

Tabla 2 Patologías según la unidad de obra.



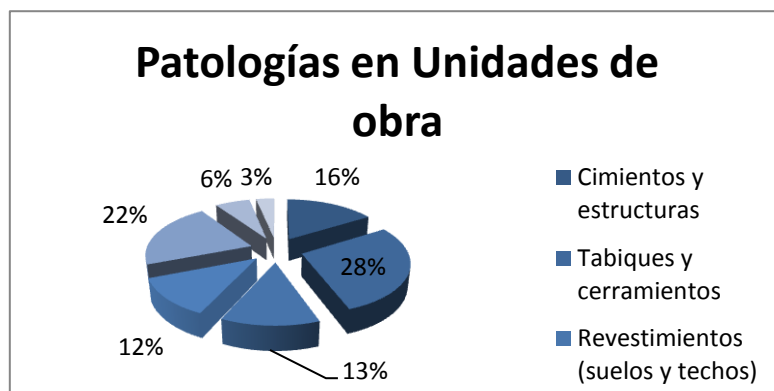


Ilustración 7 Grafica patología en unidades de obra, datos de AIC.

Se observa la gran influencia de las obras de cerramiento, las instalaciones y las estructuras en los problemas que presentan las edificaciones.

Por lo tanto, existen riesgos que deben ser prevenidos, por lo que se justifica la realización de un control de calidad, de forma que la actividad de control afecte a todas las fases del proceso y sobre unidades y partes de obra que integran la construcción.

La existencia de tales riesgos conlleva en numerosas ocasiones la aparición de unos daños, tal como se denota en las encuestas de patologías, lo que supone unos costes importantes de no calidad.

2.1.5 Herramientas para el control de calidad.

Como hemos descrito en el apartado anterior 2.1.4 Control de calidad en la construcción tenemos tres tipos de controles principales a controlar, cada uno de estos tienen sus procedimientos específicos.

- 1) **Control del proyecto**, se necesita técnicos con suficiente capacidad, para controlar y entender los proyectos, actualmente ayudados con herramientas informáticas.
- 2) **Control de ejecución**: en este apartado nos podemos extender hasta prácticamente realizar otro trabajo específico, tan solo indicar o hacemos



referencia a los principales, como es sabido la principal figura sería el inspector de obra, en ocasiones estos parámetros de control también lo realiza la dirección de obra, ya tenemos otro personal técnico, es necesario en ocasiones la participación de otros técnicos especializados en mediciones topográficas, con los equipos pertinentes.

En todo control de ejecución es necesaria la utilización de herramientas de medida.

Siempre que necesitemos la medida de algo en específico lo mejor es recurrir a la herramienta o equipo indicado de forma tal que se nos proporcione las medidas correctas y exactas de lo que queremos. Hay de todos tipos de instrumentos para medir dimensiones. El sistema más utilizado es el que incluye la unidad de centímetro, sin dejar de mencionar que el milímetro también es muy utilizado. El sistema básico de medición general es el metro y este se encuentra en distintos tipos:

- a.-) Metro plegable: Esta herramienta no se dobla cuando está desplegada, comúnmente utilizado en carpintería.
- b.-) Cinta métrica: es el que se usa habitualmente, es confeccionado en cinta metálica, es versátil y es muy práctica por la forma en que se enrolla.
- c.-) Escuadra: quienes más la usan son los carpinteros, ya que tiene una buena precisión del trazo, facilitando el marcaje. Es buena para confirmar el ángulo rectos de los ensamblajes y escuadrado de muebles.
- d.-) Metro láser: este es uno de los avances tecnológicos que permite que se realicen las medidas por láser, es un aparato caro pero preciso.
- e.-) Falsa escuadra: es una escuadra con distintas reglas que permite medir y trazar ángulos de distintas dimensiones.



f.-) Calibre: conocido como pie de rey, es el mejor metro para medir pequeños objetos, de igual forma diámetros y grosores, incluso la profundidad de los agujeros, además de que mide décimas de milímetros, realmente este es muy exacto.

Esto no quiere decir que estos sean los únicos aparatos capaces de proporcionar medidas, sino más bien que son los que derivan del metro, y cuyas medidas son más precisas y exactas que con otros instrumentos de los que aremos mención a continuación:

Plomada: sirve para medir la verticalidad. Es una cuerda atada a un peso, que por efecto de la gravedad, dibuja una línea vertical, es de común uso por los albañiles.

Nivel: son aliados en albañilería y carpintería. Poseen una burbuja en el centro, mide con precisión la línea vertical y la horizontal, los hay también digitales.

Compás: se usa para medir y trazar circunferencias.

Punta de marcar: es para hacer trazados y marcas en algunos metales.

Transportador de ángulos: mide los ángulos en grados.

Como veremos en el apartado siguiente ya históricamente en la época griega y romana utilizaban ya equipos de control y existían figuras para el control de la ejecución.

- 3) **Controla de los materiales** con lo que realiza la construcción, como la resistencia a compresión de los hormigones, flexo tracción de los aceros, resistencia y durabilidad de los ladrillos y así de todos los materiales, sin olvidarnos de la resistencia mecánica del terreno, ya controlada también en antiguas civilizaciones.

Esto es válido para el **objeto** de nuestro estudio es el control dimensional del material que está compuesto el acueducto de Segovia.

Y por ultimo una vez que la obra está terminada, actualmente uno de los parámetros de control más interesantes para la habitabilidad de las



edificaciones son las pruebas de las instalaciones y equipos que se colocan en la obra, estos se controlan por medio de equipos como teste en controles eléctricos, termómetros en climatización, etc...

2.1.6 Historia de las herramientas de control.

Dentro de las herramientas de control las principales fueron las topográficas o de control geométrico, los inicios de estos conocimientos provienen de los griegos al desarrollo de cálculos indispensables para la realización de las medidas y base de ingenieros romanos.

Según distintos artículos publicados, *“La ciencia principal en la que se basaron los controles y las medidas topográficas antiguas, al igual que los actuales, es la trigonometría, la cual trata de relacionar los ángulos y los lados de un triángulo. Puede decirse que fue iniciado por Hiparco¹⁹ aproximadamente el año 150 a.C., otros le siguieron y finalmente Ptolomeo cogió el relevo en la materia”*.

Entonces como hoy, los ingenieros y los físicos emplean muchas de estas herramientas trigonométricas en su labor diaria.

Las dos ramas fundamentales de la trigonometría son la trigonometría plana, que se ocupa de figuras contenidas en un plano, y la trigonometría esférica, que se ocupa de triángulos que forman parte de la superficie de una esfera.

Ambas se dominaron bien en la antigüedad ya que esta ciencia se remonta a las matemáticas egipcias y babilonias, siendo los egipcios los primeros en usar la medida en grados, minutos y segundos para la medida de ángulos.

¹⁹ Hiparco fue un astrónomo, geógrafo y matemático griego (nacido en Nicea alrededor de 190 a. C. - y muere alrededor de 120 a. C.). Nace dos años antes de la muerte de Eratóstenes, del que fue sucesor en la dirección de la Biblioteca de Alejandría. Entre sus aportaciones cabe destacar: el primer catálogo de estrellas, el descubrimiento de la precesión de los equinoccios, distinción entre año sidéreo y año trópico, mayor precisión en la medida de la distancia Tierra-Luna y de la oblicuidad de la eclíptica, invención de la trigonometría y de los conceptos de longitud y latitud geográficas.



Tenemos personajes de la historia antigua que estudiaron herramientas matemáticas y equipos de medida, como:

Tales de Mileto²⁰, el cual nombramos en la historia de la calidad, no hay escritos de Tales disponibles, ni tampoco fuentes coetáneas a él a las que se pueda recurrir como referencia.

Esto hace extraordinariamente difícil saber el alcance de lo logrado por Tales y aún menos sabiendo que en la antigua Grecia existía la práctica de atribuir muchos descubrimientos a personas reconocidas como sabios sin que hubieran tenido parte en ellos. A Tales se le consideró discípulo de egipcios y caldeos, ya que él mismo viajó a Egipto y Mesopotamia. La documentación perdida nos hubieran arrojado más luz sobre la labor de Tales, pero el papel escrito parece con facilidad.

De esta forma, un estudiante de Aristóteles, llamado Eudemus de Rodas (año 320 a.C.), hace referencia a la ciencia que Tales obtuvo de los egipcios en una obra titulada Historia de las Matemáticas. Este documento se perdió pero, antes de que esto ocurriera, llegó a existir un resumen del mismo que posteriormente desapareció también.

Información relacionada a este resumen aparece en el siglo V en el Comentario del filósofo Proclus sobre el Primer libro de los elementos de Euclídes. Allí, después de referirse a los orígenes de la geometría en Egipto, habla sobre Tales y dice: *“...primero fue a Egipto y después introdujo este estudio en Grecia. Descubrió muchas de las proposiciones por sí mismo e instruyó a sus seguidores en los principios que subyacen en muchas otras, siendo su método de ataque más general en algunos casos, más empírico en otros”*.

²⁰ Tales de Mileto (h. 639 - h. 547/6 a. C.) fue el iniciador de la indagación racional sobre el universo. Se le considera el primer filósofo de la historia de la filosofía occidental, y fue el fundador de la escuela jónica de filosofía, según el testimonio de Aristóteles. Fue el primero y más famoso de los Siete Sabios de Grecia (el sabio astrónomo), y habría tenido, según una tradición antigua no muy segura, como discípulo y protegido a Pitágoras. Fue además uno de los más grandes astrónomos y matemáticos de su época.



Actualmente se piensa que este teorema pudo tener su verdadero origen en Babilonia y posteriormente fue introducido por Tales en Grecia.

Parte de su leyenda atribuye a Tales el uso de sus conocimientos de geometría para medir las dimensiones de las pirámides de Egipto y calcular la distancia de la costa de barcos en alta mar. Así, Diógenes Laertes junto con Plinio y Plutarco señalan que la medida de la altura de las pirámides se llevó a cabo a través de la determinación de la longitud de la sombra que producían cuando una vara clavada verticalmente en el suelo producía una sombra igual a su altura.

Existen dudas sobre esto ya que estas ideas se habían manejado con mucha anterioridad en Egipto y Mesopotamia, donde Tales pasó parte de su vida. Es muy posible que el verdadero papel que haya jugado no sea tanto el de creador y esté más relacionado con el de un intérprete, organizador y recopilador inteligente de esas estructuras lógicas.

Los romanos son la civilización que se conocen mayor número de herramientas de control y medida, como:

La cuerda: El instrumento más rudimentario sencillo y antiguo de medición. Sin embargo, sabemos por noticias de Heron²¹ que los topógrafos antiguos sometían a preparación este utensilio, a fin de que no sufriera deformaciones y su longitud permaneciera constante durante mucho tiempo, haciéndole así mucho más preciso de lo que se puede sospechar a priori.

El resultado era una cuerda apta para mediciones con poco error y a prueba de variaciones de humedad y temperatura.

La cadena: el instrumento es muy antiguo de cualquier forma y por tanto muy probable que fuera usado por los romanos. Además de su escasa dificultad de construcción y su gran utilidad, por ser fácil de recoger, de transportar y de

²¹ Herón (10–70 d. C.) fue un ingeniero y matemático helenístico, que destacó en Alejandría (en la provincia romana de Egipto); ejerció de ingeniero en su ciudad natal, Alejandría. Este griego es considerado uno de los científicos e inventores más grandes de la antigüedad y su trabajo es representativo de la tradición científica helenista.



difícil deterioro, sabemos que ha sido usada en mediciones topográficas desde hace muchos siglos.

Se trata de una sucesión de eslabones metálicos de medida uniforme, ensamblados hasta formar una cadena de determinada longitud. Normalmente tenía unas asas en sus extremos para facilitar su uso.

Dependencia o pértica: Para las medidas de longitud de cierta exactitud se usó un instrumento llamado decempeda porque tenía diez pies de longitud, cerca de tres metros. Así, decempedator era nombre común para designar a los agrimensores.

También se le conoció como pertica y en ambos casos parece que estaba constituido de madera. Hay que apuntar que determinadas maderas sometidas a tratamientos especiales adquieren una gran resistencia y resistencia a la deformación y con seguridad los romanos conocían perfectamente estas técnicas. Hemos visto la explicación del manejo de este instrumento en el tratado del siglo XVI de Giovanni Pomodoro²² y modernamente se han conocido estos instrumentos de metal ligero y poco propenso a las dilataciones (miras invar).

El odómetro: Conocemos que Herón construyó y describió un odómetro, pero debemos a Vitruvio la más conocida descripción de este ingenioso instrumento que, con toda probabilidad, fue muy usado en la antigüedad para la medición de caminos y ciertas distancias que no requerían de precisión.

Se trataba de un sistema de engranajes metidos en una caja que conectados a otro situado en la rueda del carro, construida de un tamaño exacto, iban dejando caer una bolita por cada milla recorrida en un recipiente puesto al efecto.

²² POMODORO, G. Geometria prattica. Geometria prattica dichiarata da Giouanni Scala sopra le tauole dell'ecc.te mathematico Giouanni Pomodoro tratte d'Euclide et altri autori : opera per generali da guerra, capitani, architetti, bombardieri e ingegnieri cosmografi, non che per ordinarii professori di misure. - Nouamente ristampato. - In Roma : appresso Giouanni Martinelli, 1603



Con pequeñas modificaciones y sustituyendo la rueda del carro por un molinete de aspas, sujeto a un barco, podía medir las distancias de navegación marina, aunque como es fácil de suponer la precisión sería bastante menor.

Los Jalones: Las alineaciones rectas se desarrollaban con ayuda de varas verticales que en grupos de tres servían para establecer la dirección a seguir por la alineación y arrastrarla a lo largo del terreno llevando alternativamente la primera de las varas al final. Por si mismos servían perfectamente para trazar buenas alineaciones, por ejemplo en las carreteras, pero estos elementos también se usaban como auxiliares de otros instrumentos de medición que veremos a continuación, como la groma, la escuadra de agrimensor o la dioptra. Con ellos se fijaba la alineación a partir del ángulo determinado por el instrumento principal.

La Groma: Este instrumento es probablemente el más estudiado y conocido de los empleados en la antigüedad. Ha sido objeto de hipótesis variadas e incluso ensayos en arqueología experimental ¹⁵, aunque no por ello la interpretación de su utilidad parece haber sido tratada con suficiente éxito. Se trata de un instrumento muy rudimentario para trazar alineaciones perpendiculares entre si, una escuadra de agrimensor tan primitiva como imprecisa. Para algunos autores este instrumento ya conocido en Grecia llega a Roma a través de la cultura Etrusca, está constituido por un sencillo conjunto formado por una cruz con los brazos en escuadra de cuyos extremos penden plomadas y un pie vertical que sujeta esta cruz en el plano horizontal.

La escuadra de agrimensor: Realmente la groma es también una escuadra de agrimensor, pero en este apartado queremos tratar del instrumento que modernamente se ha conocido con este nombre.

Se trata de un cilindro ranurado verticalmente de forma que las pínulas que forman las ranuras se sitúan de forma precisa en planos perpendiculares. Las alineaciones que a través de ellas se pueden establecer son normales entre sí o de 45 grados, según se dispongan.



El Gnomon: Otro concepto fundamental en topografía antigua es la determinación del norte para la orientación absoluta de los trabajos topográficos, geodésicos, de agrimensura, o de otra naturaleza. Hablamos de un momento en el que la brújula no existía y que probablemente, de haber existido, en este tipo de comprobaciones terrestres tampoco se hubiera empleado. Y es que, en efecto, la determinación del norte verdadero o astronómico estaba en manos de los técnicos de la antigüedad por métodos más sencillos de lo que cabría suponer.

La libra aquaria: El nivel de agua o balanza de agua, de la que tenemos vagas referencias por parte de algunos autores clásicos, ha sido interpretado y dibujado de muy diferentes formas.

Por la propia etimología de la palabra, nos inclinamos a pensar que se trata del clásico nivel de agua que utiliza el mecanismo de los vasos comunicantes para mantener el nivel constante en sus extremos, previo balanceo estabilizador o contrapesado del líquido.

El corobate: La existencia de un instrumento de nivelación preciso, potente y eficaz, en época romana, es perfectamente deducible del análisis de las grandes obras de canalización de las aguas que nos ha dejado esa civilización. Pero es a partir de las noticias que de él nos da Vitruvio como podemos deducir el aspecto que tenía.

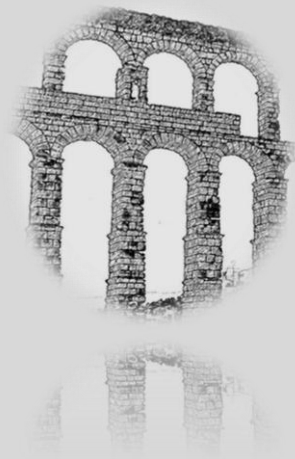
A lo largo de la historia, las interpretaciones sobre la forma y funcionamiento de este instrumento realizadas a partir de la descripción de Vitruvio, ya que los gráficos originales de la obra de Vitruvio se perdieron, han sido de lo más variopintas y hasta contrapuestas entre sí. Es de suponer, por tanto, que una parte importante de ellas debe estar equivocada radicalmente.

Un breve repaso histórico de estas interpretaciones nos lleva en primer término a una de las representaciones más antiguas que se conocen.



Capítulo 2

HISTORIA DE LA CALIDAD





2.2 Historia de la calidad

En la documentación tratada no encontramos claramente indicios de la calidad, claro está el concepto en la época no se definía con claridad, pero si el trabajo organizado y normalizado, y los distintos oficios con cada una de las funciones, así como el tener medidas y criterios para un control y buena ejecución de los trabajos, la dificultad encontrada al realizarse el estudio en la base de la historia antigua, es decir desde el comienzo de la escritura y desde la simbología egipcia como la más antigua de momento conocida, es analizar y diferenciar los aspectos constructivos de los de control y normalización.

Analizamos en este punto las civilizaciones de la historia antigua donde se inicio y donde se conservan la mayoría de las edificaciones más características de la época antigua, al ser donde más documentación podemos disponer.

Nuestro estudio se limita a analizar las distintas modalidades de sistemas constructivos y los participantes en la misma, las figuras que en cada zona y época han participado en la edificación y en la construcción de edificios singulares, todos los datos obtenidos los iremos comparando con sistemas de calidad que actualmente se están utilizando en la edificación del siglo XXI, en particular en España con reseñas a Europa, verificando de este modo que la Calidad no es una cosa nueva, más contemporánea como generalmente se indica como el inicio de la calidad, con la entrada en vigor de gremios en la edad media y posteriormente los conocidos actualmente como gurús de la calidad, en un término más industrializado que posteriormente sus conocimientos se han traslado a la edificación.

La elección de estas civilizaciones para nuestros estudios, ha sido elegida por ser las principales civilizaciones donde se inicia la arquitectura, con documentación grafica y escrita.



Nos centramos en las siguientes civilizaciones y épocas siempre todas alrededor del mar mediterráneo y su cultura, comenzando con civilizaciones antiguas y cerrando el abanico en Egipto, Grecia, Roma y Mesopotamia.



Ilustración 8 Mapa de culturas Antiguas del Mediterráneo

2.2.1 Mesopotamia

Como inicio de Mesopotamia consideramos a **Los Sumerios** que era un pueblo de lengua aglutinante, se desconoce su origen o si son producto de una evolución in situ de la población Ubaid o Uruk. La historia de esta región está reflejada en diversas fuentes como los mitos y epopeyas sumerias la lista sumeria de los reyes de Nippur que menciona como primer rey a Alulin con otros nueve antes del diluvio siendo Ziusudra el Noé bíblico.





Ilustración 9 pueblos de Mesopotamia.

Mesopotamia o región del Cercano Oriente ubicado entre los ríos Eufates y Tigris (del griego, meso: “medio”, potomo: “río”, “entre ríos”). Por su suelo laborable, esta zona favoreció el desarrollo de grandes civilizaciones de la antigüedad. El material de aluvión que arrastraban los grandes ríos permitió un enorme rendimiento agrícola. Como el Nilo para Egipto, los ríos Tigris y Eufates fueron importantísimos, también en Mesopotamia la tierra fértil que los rodeaba favoreció el desarrollo de la civilización. El Tigris y el Eufates crecen por el deshielo de los montes de armenio entre mayo y septiembre, e inundan grandes territorios. Esto implicó también aquí como en Egipto, la necesidad del esfuerzo humano por dominar las crecidas.

La Mesopotamia asiático, con sus trascendentales ríos Tigris y Eufates, fue el ámbito donde se desarrollaron culturas urbanas que se encuentran entre las civilizaciones humanas más antiguas. Allí se modelaron nuevas organizaciones de vida, que dejaron su impronta en las sociedades futuras y nos brindaron, junto con Egipto, los primeros testimonios escritos de la historia.

Podemos conocer lo estructura social de la Mesopotamia gracias al Código de Hamurabi. *“Del cual comentaremos puntos relacionados con Normativa y Ley en la Edificación”*.



Para entender la sociedad, explicamos brevemente la jerarquía social de la época, entre los hombres libres existían varios grupos sociales: NOBLES, El rey, los funcionarios importantes, los sacerdotes y, entre los asirios, los grandes jefes militares, formaban la nobleza. Integraban un grupo privilegiado, con grandes extensiones de tierra, y constituían el sector social más encumbrado. COMERCIANTES, Llegaron a ocupar un papel destacado en la sociedad, ya que se enriquecieron gracias al Intercambio. Se encargaban del gran comercio y recorrían vastos territorios. ARTESANOS Trabajaban al servicio del rey o del templo y también en forma particular Muchos de ellos vivían en las ciudades. AGRICULTORES, Formaban el grupo social más numeroso, ya que el régimen económico de la Mesopotamia era agrícola. En los primeros tiempos sólo trabajaban para el templo. Luego, los reyes fueron otorgando donaciones y los campesinos pudieron trabajar parcelas propias; surgió así la propiedad privada.

Con los sumerios, la Mesopotamia estaba dividida en ciudades-estados, (también podríamos llamarlas “ciudades-templos”; cada ciudad con su territorio circundante era un templo, desde allí quien gobernaba se dirigía a la población. En esta etapa, la política y la religión estaban íntimamente relacionadas.

El gobernante era el príncipe-sacerdote. El “sumo sacerdote” o “patesi”, que representaba a la divinidad, aunque no era el dios, como en Egipto, en donde el faraón era el mismísimo Horus”.

El sacerdote administraba el gobierno de la ciudad, los ingresos del templo, conducía a los soldados, vigilaba el mantenimiento de los canales y organizaba el culto. El templo desempeñaba entonces un papel fundamental. Era el eje de la vida política, religiosa y también económica **para la construcción de las ciudades.**

Después, con la expansión de las ciudades sumerias, la administración se hace más completa y se produce un cambio en las atribuciones del patesi, quien se dedicará en adelante exclusivamente al culto. Jefes militares convertidos en reyes desempeñarán el resto de las funciones.



Estos reyes mantendrán la división de la Mesopotamia en pequeños Estados: cada ciudad, por ejemplo Ur o Eridu, era un Estado en sí misma, con sus propias instituciones de gobierno, no dependía de un poder mayor regional ni imperial. Su único lazo de unión con el resto de ciudades-estados sumerias era la cultura: la escritura, las creencias y el lenguaje. Esto se mantiene hasta la unificación realizada por los acadios.

Los acadios organizaron el primer imperio o Estado unificado de la Mesopotamia. Su poder era reconocido por casi todas las ciudades mesopotámicas. Su organización política, a diferencia de la sumeria, tendrá como elemento más importante **el palacio**; el rey posee mayor poder que los sacerdotes. Hamurabi, rey de Babilonia, completará posteriormente este período, perfeccionando la organización política, militar y administrativa. Pero los reyes más poderosos de Mesopotamia fueron **los asirios**.

La arquitectura tenía sus raíces en el suelo mismo, en sus recursos tan especiales: los antiguos procedimientos sobrevivieron por ser los únicos posibles.

Los métodos derivaban de los recursos, no se necesitaba para alzar un palacio más que obreros capaces de moldear y apilar ladrillos, organización y por supuesto un control de dichas ejecuciones.

Desde los tiempos más remotos lazos estrechos parecen unir una a otra las arquitecturas de la Mesopotamia y de Egipto; por ejemplo, Amenofis IV²³ señor de las provincias asirias, intenta reemplazar el culto de las divinidades nacionales por el culto caldeo de los astros y esta reforma dejó su huella en la escultura sagrada de Egipto.

²³ Amenhotep o Amenofis IV, posteriormente Akenatón; 1362 a.C.) Faraón de la XVIII dinastía (h. 1379-1362 a.C.). Hijo de Amenhotep III y de la reina Tity. Probablemente compartió el trono con su padre antes de sucederle, hacia el 1379 a. C.



No se sabe a ciencia cierta si fue Egipto o Caldea la civilización que introdujo el sistema de bóvedas así como tampoco podemos asegurar si es que estos pueblos tuvieron influencias de la alta Asia.

Con toda seguridad el ladrillo cocido no es una invención de los países donde falta el combustible, si no una importación. El ladrillo cocido que desempeña un papel capital entre los babilonios, se encontrará en todo el trayecto de Babilonia al Tibet: en Persia y en la India.

Las construcciones de ladrillos no existen fuera de esa zona: del lado occidente donde se termina el dominio del ladrillo cocido, se extiende apenas hasta Nínive.

Por otra parte la escritura para la normalización y la historia de la calidad proviene de oriente, incluso el alfabeto griego, del cual derivan el alfabeto latino y el nuestro, proviene de Oriente Próximo.

Existen tablillas con largas columnas de palabras no eran más que vocabularios y diccionarios acadio-sumerio preparados en Asiría y Babilonia para su propio estudio de la primera lengua escrita, el sumerio.

Sin estos antiquísimos diccionarios, aún estaríamos lejos de poder leer el sumerio. Y, con su auxilio, se abrió un vasto tesoro literario y cultural. También quedó claro que a la escritura sumeria, originalmente pictográfica y tallada en la piedra en columnas verticales, se le dio un trazado horizontal para, más tarde, estilizarla para escribirla con cuñas sobre suaves tablillas de arcilla, hasta convertirla en la escritura cuneiforme que adoptaron acadios, babilonios, asirios y otras naciones del Oriente Próximo de la antigüedad.

Al descifrarse la lengua y la escritura sumerias, y al darse cuenta de que los sumerios y su cultura eran el origen de los logros acadio-babilonio-asirios, se le dio un gran impulso a las investigaciones arqueológicas en el sur de



Mesopotamia. Todas las evidencias indicaban ahora que el comienzo se encontraba allí.

La primera excavación significativa de un lugar sumerio la comenzaron algunos arqueólogos franceses en 1877; y los descubrimientos en este lugar singular fueron tan ingentes que otros arqueólogos continuaron excavando allí hasta 1933 sin poder acabar el trabajo.

Aquel lugar, llamado por los lugareños Telloh («montículo»), resultó ser una primitiva ciudad sumeria, la auténtica Lagash²⁴ Esta dinastía había tenido sus inicios alrededor del 2900 a.C. y había durado casi 650 años. Durante este tiempo, 43 ensi's reinaron ininterrumpidamente en Lagash. Sus nombres, sus genealogías y la duración de sus reinados estaban pulcramente anotados. Las inscripciones proporcionaron gran cantidad de información. Súplicas a los dioses «para que brote el grano y crezca la cosecha-para que la planta regada dé grano», atestiguan la existencia de la agricultura y la irrigación. Una copa inscrita en honor a una diosa por «el supervisor del granero» indicaba también que se almacenaba, se medía y se comerciaba con el grano, elementos de control y calidad, para el comercio, ya existía una persona que era el encargado de la supervisión, le podríamos considerar como el **primer inspector de la historia**.

El sucesor de Eanatum, Entemena, escribió acerca de la construcción de un templo y de haberlo adornado con oro y plata, de haber plantado jardines y de haber ampliado los pozos de ladrillo. Alardeaba de haber construido una fortaleza con torres de vigilancia e instalaciones donde atracar las naves.

²⁴ La ciudad-estado de Lagash fue una de las ciudades más antiguas de Sumeria y más tarde Babilonia. Sus restos conforman una baja y larga línea de montículos de ruinas, conocida ahora como Tell al-Hiba en Irak, al noroeste de la unión del Éufrates con el Tigris y al este de Uruk. Está situada en el cauce de un antiguo canal, unos 5 kilómetros al este de Shatt-el-Haj y a poco menos de 16 kilómetros al norte de la actual Shatra.



Uno de los soberanos mejor conocidos de Lagash fue Gudea. Se encontró una gran cantidad de estatuillas de él, mostrándole en todas ellas con una postura votiva, orando a sus dioses. Esta postura no era simulada: Gudea se había consagrado a la adoración de Ningirsu, su principal deidad, **y a la construcción y la reconstrucción de templos.**



Ilustración 10 Rey Gudea figura encontrada en Lagash.

Sus muchas inscripciones revelan que, en la búsqueda de **exquisitos materiales de construcción**, trajo oro de África y de Anatolia, plata de los Montes Taurus, cedros del Líbano, otras maderas poco comunes del Ararat, cobre de la cordillera de los Zagros, diorita de Egipto, cornalina de Etiopía, y otros materiales de tierras que los estudiosos no han conseguido identificar todavía.

Cuando Moisés construyó una Residencia para el Señor Dios en el desierto, lo hizo según unas instrucciones muy detalladas que le había dado éste. Cuando el rey Salomón construyó el primer Templo de Jerusalén, lo hizo después de que el Señor le hubiera dado su sabiduría. Al profeta Ezequiel se le mostraron unos planos muy detallados para el Segundo Templo en una visión divina. Se los mostró un hombre de aspecto semejante al del bronce, que **tenía en la mano una cuerda de lino y una vara de medir.**





Ilustración 11 Bajorrelieve Sumero, donde se observa una vara de medir y una cuerda de medida
<http://www.proyectopv.org/2-verdad/civilizacionrepentina5.htm>.

Ur-Nammu, soberano de Ur, relató un milenio antes que su dios, al ordenarle que construyera para él un templo y al darle las instrucciones pertinentes, le había entregado una vara de medir y un rollo de cuerda para el trabajo, primeros trabajos descritos sobre replanteo y control en la ejecución.

Mil doscientos años antes que Moisés, Gudea contó lo mismo. Las instrucciones, que plasmó en una larguísima inscripción, le fueron dadas en una visión. Un hombre que brillaba como el cielo, y a cuyo lado había un pájaro divino, me ordenó construir su templo. Este hombre, que desde la corona de su cabeza era, obviamente, un dios, fue identificado posteriormente como el dios Ningirsu.

Con él había una diosa que sujetaba en una mano la tablilla de su estrella favorable de los cielos; en la otra mano, sujetaba un estilo sagrado, con el cual le indicaba a Gudea el planeta favorable. Un tercer hombre, dios también, sujetaba en sus manos una tablilla de piedra preciosa; **contenía el plano de un templo.**



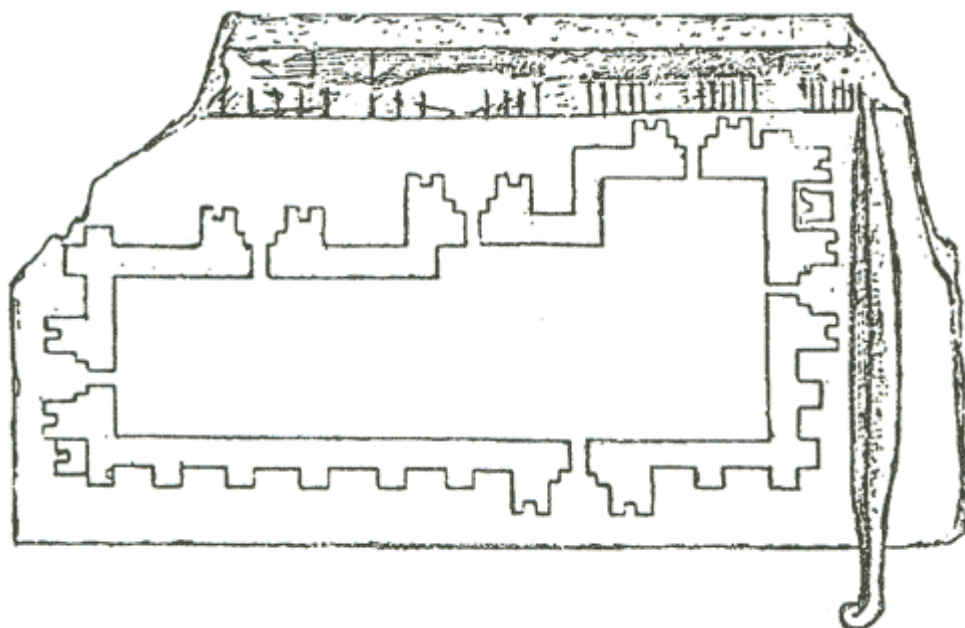


Ilustración 12 Bajorrelieve Sumero, donde se observa los planos de un templo.

Aun siendo sabio, **Gudea**²⁵ estaba desconcertado con aquellas instrucciones arquitectónicas, y solicitó el consejo de una diosa que pudiera interpretar los mensajes divinos. Ella le explicó el significado de las instrucciones, las medidas del plano, así como el tamaño y la forma de los ladrillos que había que utilizar. Después, Gudea empleó a un hombre adivino, tomador de decisiones y a una mujer buscadora de secretos para localizar el sitio, en las afueras de la ciudad, donde el dios deseaba que se construyera su templo. Después, reclutó a 216.000 personas para el trabajo de construcción.

²⁵ Gudea fue el más célebre de los príncipes de Lagash. Los soberanos de la ciudad de Lagash, durante el "Renacimiento Sumerio", jamás se atribuyeron el título de rey, sino el de ensi o gobernador. Gudea fue el segundo en la línea sucesoria de la II Dinastía de Lagash. Este ensi, que gobernó Lagash durante poco más que quince años, construyó templos y palacios y nos ha dejado una gran serie de retratos suyos. Hoy en día se cuenta con más de 30 estatuas esculpidas en roca volcánica: diorita azul o dolerita negra. Aparece vestido siempre como monje, con túnica, hombros descubiertos y las manos juntas en actitud de oración. Producen una impresión de serena majestad y de intenso fervor religioso. En la época de Gudea, la ciudad de Lagash disfrutó de los beneficios de la paz y de una extraordinaria prosperidad. Patesi era un rey sacerdote que gobernaba una ciudad-estado. Su máxima obra fue la construcción del templo de Eninnu, consagrado al dios Ningirsu.



El desconcierto de Gudea es fácilmente comprensible, pues se supone que el aparentemente sencillo plano de planta le tenía que dar la información necesaria para la construcción de un complejo zigurat que se tendría que elevar en siete fases. En 1900, en su libro *Der Alte Orient*, A. Billerbeck fue capaz de descifrar al menos una parte de las divinas instrucciones arquitectónicas. El antiguo dibujo, aun en la parcialmente deteriorada estatua, viene acompañado en la parte superior por grupos de líneas verticales cuyo número disminuye a medida que aumenta el espacio entre ellas. Parecería que los arquitectos divinos eran capaces de dar las instrucciones completas para la construcción de un templo con siete elevaciones a partir de un sencillo plano de planta acompañado por siete escalas variables.

Se dice que la guerra espolea al Hombre para que avance tanto en lo científico como en lo material, pero parece que en el antiguo Sumer fue la construcción de un templo lo que espoleó a la gente y a sus soberanos a alcanzar un mayor desarrollo tecnológico, comercial, de transportes, arquitectónico y organizativo. La capacidad para llevar a cabo tan importante obra de construcción de acuerdo con unos planes arquitectónicos preparados, para organizar y alimentar a una ingente masa de trabajadores, para allanar la tierra y elevar montículos para hacer ladrillos y transportar piedras, para traer metales extraños y otros materiales desde tan lejos, para fundir metales y dar forma a utensilios y ornamentos, nos habla de una importante civilización, ya en pleno esplendor en el tercer milenio a.C.

Muchos registros escritos sumerios y mesopotámicos no necesariamente estaban relacionados con lo divino o lo espiritual, sino con cosas tan cotidianas como el registro de las cosechas, la medida de campos y el cálculo de precios. Ciertamente, no es posible alcanzar determinados grados de civilización sin un avance paralelo de las matemáticas.

El sistema sumerio, llamado sexagesimal, combinaba el mundano 10 con el «celestial» 6 para obtener la cifra base de 60. En algunos aspectos, este



sistema es superior al nuestro actual; en cualquier caso, es incuestionablemente superior a los sistemas posteriores de los griegos y de los romanos.

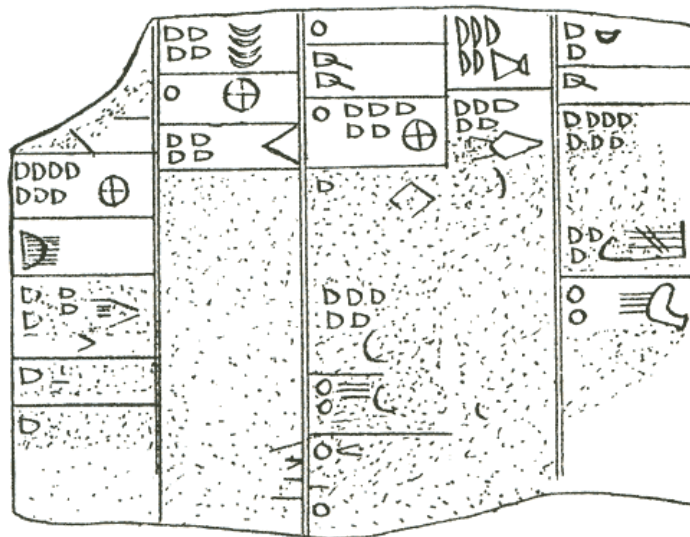


Ilustración 13 Bajorrelieve Sumero, se contempla cuentas para el control del grano.

A los sumerios les permitía dividir en fracciones y multiplicar millones, calcular las raíces o elevar los números a varias potencias. Este sistema no sólo fue el primer sistema matemático conocido, sino también el que nos dio el concepto de posición numérica, del mismo modo que, en el sistema decimal, 2 puede ser 2 o 20 o 200, dependiendo de la posición del dígito, también en el sistema sumerio el 2 significa 2 o 120 (2×60), y así sucesivamente, dependiendo de la posición.

Los 360 grados del círculo, el pie y sus 12 pulgadas, y la «docena» como unidad no son más que unos cuantos ejemplos de los vestigios de las matemáticas sumerias que todavía podemos ver en nuestra vida cotidiana. Sus logros paralelos en astronomía, en el establecimiento del calendario y en otras hazañas matemático-celestiales.



Del mismo modo que todo nuestro sistema económico y social existía libros, registros legales y económicos, contratos comerciales, certificados matrimoniales, etc. dependen del papel,

Por otra parte la vida sumeria mesopotámica dependía de la arcilla. Templos, tribunales y casas de comercio disponían de sus propios escribas, con sus tablillas de arcilla húmeda dispuesta para anotar decisiones, acuerdos o cartas, o para calcular precios, salarios, **el área de un campo o el número de ladrillos necesarios en una construcción.**

La arcilla también era la materia prima básica en la manufactura de utensilios de uso cotidiano y de recipientes para el almacenamiento y el transporte de bienes. También se utilizó para hacer ladrillos otro punto importante dentro de la sociedad sumera es que fueron los primeros en la construcción de casas para el pueblo, de palacios para los reyes y de templos imponentes para los dioses.

A los sumerios se les atribuyen dos avances tecnológicos que hicieron posible combinar la ligereza con una fuerte resistencia en todos los objetos de arcilla: la armazón y la cocción. Los arquitectos modernos han descubierto que se puede hacer hormigón armado, un material de construcción sumamente fuerte, echando cemento en moldes con un entramado interior de varillas de hierro; pero hace mucho que los sumerios fueron capaces de dar a sus ladrillos una gran fortaleza mezclando la arcilla húmeda con trozos de carrizo o paja. También sabían que a los objetos de arcilla se les podía dar resistencia y durabilidad cociéndolos en el horno. Fue gracias a estos avances tecnológicos que se hizo posible la construcción de los primeros edificios y arcadas del mundo, así como la elaboración de la primera cerámica duradera.

La invención del horno lugar donde conseguir unas temperaturas intensas pero controladas, sin correr el riesgo de que los productos se llenen de polvo



o cenizas, esto hizo posible un avance tecnológico aún mayor: la Edad de los Metales.

Los combustibles que le dieron a Sumer la supremacía tecnológica fueron betunes y asfaltos, productos del petróleo que se filtraban de forma natural hasta la superficie en muchos lugares de Mesopotamia. R. J. Forbes (Bitumen and Petroleum in Antiquity) demuestra que los depósitos de superficie de Mesopotamia fueron las principales fuentes de combustible del mundo antiguo, desde los tiempos más primitivos hasta la época de Roma, y concluye que el uso tecnológico de estos productos del petróleo comenzó en Sumer alrededor del 3500 a.C. de hecho, dice que la utilización y el conocimiento de los combustibles y de sus propiedades fueron mayores en tiempos de los sumerios que en las civilizaciones que les siguieron.

Tan amplio fue el uso de los productos del petróleo entre los sumerios -no sólo como combustibles, sino, también, como materiales para la construcción de caminos, para impermeabilizar, calafatear, pintar, cimentar, moldear-, que cuando los arqueólogos buscaban a la antigua Ur, la encontraron enterrada en un montículo que los árabes de la zona daban en llamar el «Montículo del Betún». Forbes demuestra que la lengua sumeria tiene términos para cada género y variante de las sustancias bituminosas encontradas en Mesopotamia.

La utilización de los productos del petróleo por parte de los sumerios fue también fundamental para el desarrollo de la química.

2.2.2 Egipto

En los vestigios del antiguo Egipto, se observa en los bajos relieves del Egipto faraónico, tallas sobre trabajos de construcción, ya se diferencian dos tipos de operarios, unos realizando trabajos de construcción y otro tomando medidas o verificando estos trabajos.



Desde el antiguo Egipto se disponía de amplios conocimientos matemáticos y de medidas necesarios para estos controles, ya que si no se hubiese dispuesto de los mismos, no se podrían haber encajado con tanta exactitud las distintas piezas de sillería²⁶ y rocas talladas en las edificaciones.

Este personaje se puede considerar como el primer inspector de calidad representado en grabados o pinturas, tan extendidos hoy en los temas de construcción.

En el antiguo Egipto se recogen medidas de normalización; así en 1550 a.c. se normaliza el codo real como unidad de medida de longitud.

En la ejecución de esculturas o elementos arquitectónicos se preparaban los bloques de piedra extraídos de la cantera realizando una cuadrícula sobre la pieza por los cuatro costados formando un mallazo totalmente proporcional, luego sobre estos cuadrados como referencia dibujaban la forma final, y ya estaba listo el bloque para empezar a tallar y eliminando las partes sobrantes de piedra. Hay varias teorías sobre que canon de proporcionalidad seguían los Egipcios: Según la teoría de Lepsius²⁷ (1810) utilizaban el puño cerrado, desde la frente al cuello equivale a dos puños, diez desde el cuello hasta las rodillas y seis desde la rodilla a los pies pero eso solo tenía explicación a lo que se refiere a la altura y no a la anchura y por tanto esta técnica tal vez se usara solo en pintura ya que no se jugaba con las tres dimensiones. Lo más probable es pensar que en la escultura también utilizaran sus medias ordinarias, el codo (0,523m) los dedos (1,87m) y medidas más grandes según las dimensiones de las obras.

²⁶ Un sillar es una piedra labrada por varias de sus caras, generalmente en forma de paralelepípedo, y que forma parte de las obras de sillería. Los sillares suelen tener un tamaño y peso que obliga a manipularlos mediante máquinas, a diferencia de los mampuestos, que, como su nombre indica, se ponen con la mano.

²⁷ Karl Richard Lepsius (1810-1884) fue el fundador de la ciencia de la egiptología. Nació en Naumburg am Saale (Prusia) en 1810. Estudió desde joven a Champollion para aprender los jeroglíficos y visitó todas las colecciones importantes europeas de objetos egipcios.



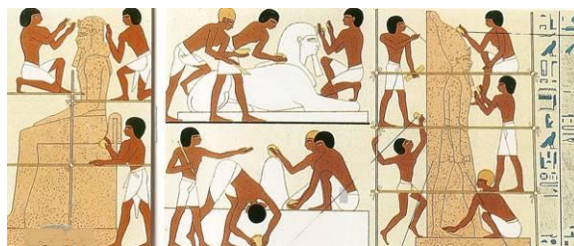


Ilustración 14 Trabajo de los escultores (Tumba de Rejmire)



Ilustración 15 Medidas de longitud (el codo real).

2.2.3. Grecia

En la cultura griega su normalización estaba también basada en las proporciones del cuerpo humano, la evolución de la construcción se inicia en el periodo conocido como Arcaico (siglo VII a.C. al 480) con una expansión de ciudades en entre los siglos VII y VI a.C. según se cita en el libro de la construcción de la Antigua Grecia.

“La arquitectura griega puede considerarse como el antecedente inmediato de la arquitectura occidental, presentando a su vez unas características totalmente nuevas en el panorama del Mediterráneo oriental como fruto del pensamiento, modo de vida y organización política de sus ciudades.”²⁸

Las tipologías constructivas eran centros preparados para la cultura, como edificios para reuniones, escuelas, zonas cívicas y al tratarse de un pueblo profundamente religioso, las principales edificaciones fueron los templos.

²⁸ Del libro La construcción de la Antigua Grecia



Las diferencias entre los complejos arquitectónicos griegos y egipcios son fruto de actitudes distintas ante la simetría y la axialidad²⁹. En Egipto, como más tarde hicieron también los romanos de hecho, sería la tendencia habitual en todos los Estados centralizados o totalitarios, la axialidad y la simetría bilateral eran la base de la planificación.

La arquitectura Griega está basada en la libertad del participante humano en la arquitectura, controlando el movimiento y las percepciones de la misma forma que la vida y el pensamiento en general estaban controlados por el Estado.

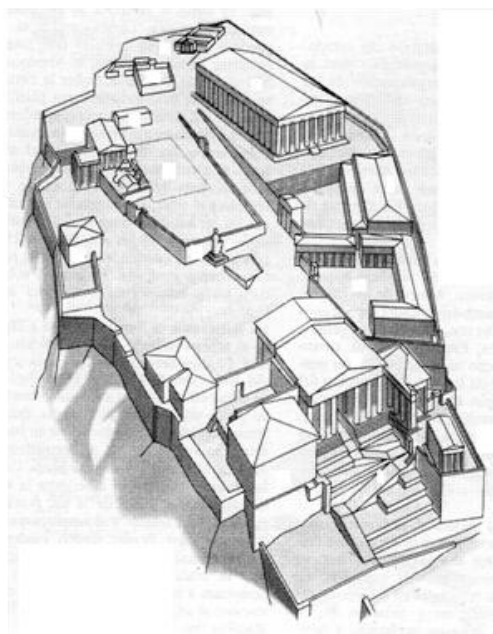


Ilustración 16 Acrópolis de Atenas distribución aleatoria de edificios.

Con Anaximandro de Mileto, hijo de Praxiades, compañero y discípulo de Tales, se le consideraba un científico interesado en cuestiones de astronomía y posible inventor del gnomon, equipo de medición de ángulos, para la toma de

²⁹ La simetría axial (también llamada rotacional, radial o cilíndrica) es la simetría alrededor de un eje, de modo que un sistema tiene simetría axial o axisimetría cuando todos los semiplanos tomados a partir de cierto eje y conteniéndolo presentan idénticas características.



medidas y replanteos, así como la verificación, se piensa que Tales de Mileto ya utilizó este instrumento para verificar las dimensiones de las pirámides egipcias, por tanto estamos hablando de un precursor en la verificación de medidas en una construcción.

El siguiente texto de Platón, extraído de Filebo, nos sirve para ilustrar hasta qué punto era importante para los griegos la creación de formas bellas:

"..El placer no es el primero ni el segundo de los bienes, sino que el primero de los bienes consiste en la medida, en el justo medio, en lo conveniente, y todas las demás cualidades análogas a esas, que debemos considerar como dotadas de una naturaleza inmutable. (...) el segundo de los bienes es la proporción, lo hermoso, lo perfecto, lo que es por sí mismo suficiente, y todo lo que pertenece a este género".

Los griegos tomaron como normalización de medidas el cuerpo humano, definieron un elemento de referencia, el *módulo*, a partir del cual se obtenían proporcionalmente todas las demás medidas del objeto por comparación dimensional con éste.

Como ejemplo de simple normalización, también tenemos la proporción aplicada a la figura humana. Como se observa en los trabajos realizados por Policleto³⁰ en su estatua "Doríforo" el cuerpo fue dividido en su altura relacionando las dimensiones con la medida de la cabeza, ocho veces.

³⁰ Policleto, llamado «el Viejo» para diferenciarlo de su hijo, fue un escultor griego en bronce del siglo V y principios del siglo IV a. C. Junto con los famosos Fidias, Mirón y Cresilas, es el más importante escultor de la Antigüedad clásica.



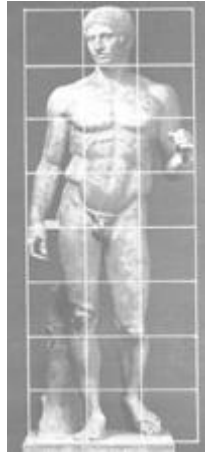


Ilustración 17 El Doríforo, siglo V a.C. Museo Nacional, Nápoles)

También en el homo quadratus y rotundus, insertar en un cuadrado y un círculo, la figura perfecta humana, era tratada y conocida en la antigua Grecia.

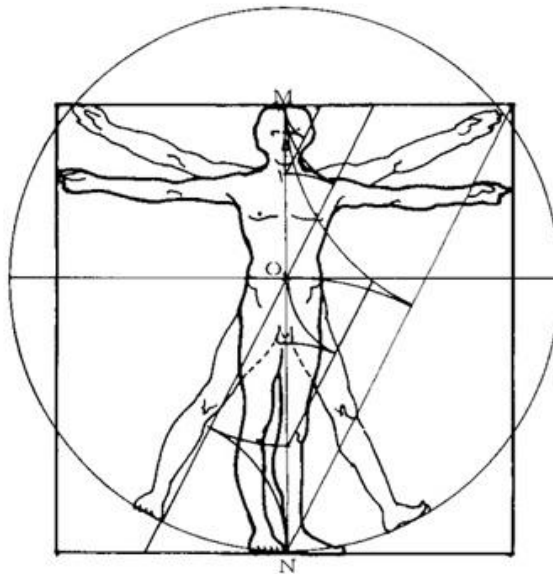


Ilustración 18 (G. Reale: Por una nueva interpretación de Platón, p. 312)

La sección áurea se aplicó en arquitectura, como ejemplo tenemos la fachada del Partenón está construida sobre rectángulos áureos, aplicación de una norma matemática.



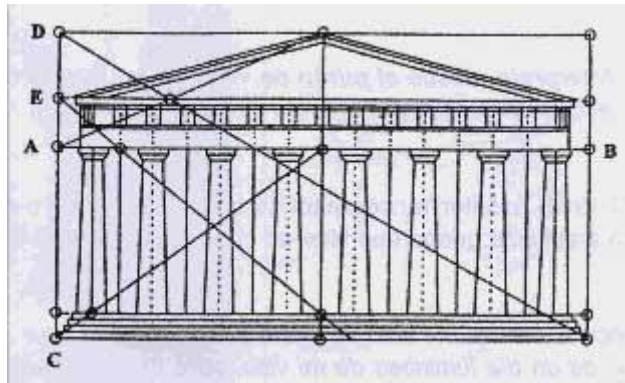


Ilustración 19 Triangulación matemática para replanteo

El conocimiento de herramientas de trabajo, como un polipasto, es decir, dos poleas que permiten multiplicar la fuerza manual de los obreros, bloques a la espera de ser izados sobre los capiteles, nos indica una organización y gestión del trabajo, básicos para la calidad y perfección de los mismos.

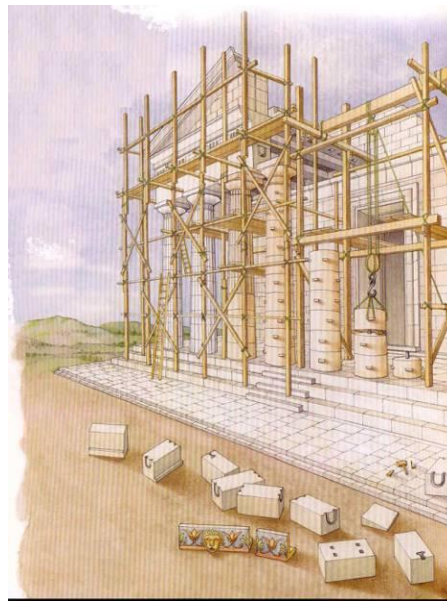


Ilustración 20 Grandes civilizaciones del pasado. Grecia antigua. Furio Durando. Ediciones Folio, 2.005)

Los materiales empleados por los griegos, comenzaron como en la mayoría de las culturas antiguas de la zona, con la arcilla creando ladrillos de forma más o menos estándar y de medidas 30x15x8 cm. Aprox. detectamos una similitud con la medida de un pie y medio pie(Soga y Tizón).



Estos ladrillos se utilizaban también como cubrición en las cubiertas, pero debido a su dimensión se fisuraban durante la cocción, fueron reduciendo su espesor hasta alcanzar el óptimo, ya se realizaban ensayos previos, en materiales cerámicos de la construcción.

La extracción de piedra estudiada por los arqueólogos, indican que muchas piezas eran desechadas, durante un proceso de control de calidad durante la extracción.

Como norma general los trabajos de extracción de cantera de la piedra y el mármol eran adjudicados a contratistas. Realizaban la preparación inicial conforme plantillas de madera y detalles aportados por el arquitecto, según Roland Martin³¹ que, además cita varios epígrafes de un contrato realizado en Eleusis, hacia el siglo IV, con este mismo motivo.

Algunos ejemplos de estos epígrafes los reproducimos a continuación:

"...Extraer (de las canteras) de Egina bloques de piedra blanda, regulares, de 4 pies de largo, 3 de ancho y 1,5 pies de grueso (alto); rebajarlos por todos los lados en ángulo recto, con superficie sin desbastar, y transportarlos a Eleusis en buen estado, sin desconchaduras, en número de 44.

.....Extraer bloques del Pentélico para las metopas, con una altura de 5 pies, un ancho de 5 pies menos un palmo y 3 palmos de grosor. Rebajarlos en todas sus caras en ángulo recto, dejando la superficie basta, de acuerdo con el croquis facilitado por el arquitecto, y entregarlos en buenas condiciones, blancos, sin vetas, en número de 15. Transportar los bloques desde el Pentélico hasta Eleusis, con una longitud de 5 pies, anchura de 5 pies menos un palmo, 3 palmos de grueso, y entregarlos en el santuario en buenas condiciones, sin desconchaduras, en número de 15.

³¹ Roland Martin nació en 1912 en Haute-Saone. En 1934 ingresó en la Escuela Normal Superior, trabajo. En el año 56 se convirtió en profesor de Arqueología de Dijon, y desde los 60 a los 66 fue decano de la facultad. Desde el año '66 es el director de la sección cuarta de la École Pratique des Hautes Études en la Sorbona.



....Tallar las 15 metopas de mármol pentélico; trabajarlas de igual forma que las que hay en el santuario, colocarlas, sujetarlas con uniones pulidas en todas sus caras; colocar también las que ya están talladas, sujetarlas con uniones apropiadas, empotrarlas, echar plomo fundido y efectuar el rebaje del calce superior."

2.2.4. Roma

Y por último tratamos las civilizaciones romanas, que ya con Vitrubio en sus diez libros de tratado de la construcción normalizaba y explicaba los sistemas constructivos, lo podíamos comparar con el CTE (Código Técnico de la Edificación) de la época.

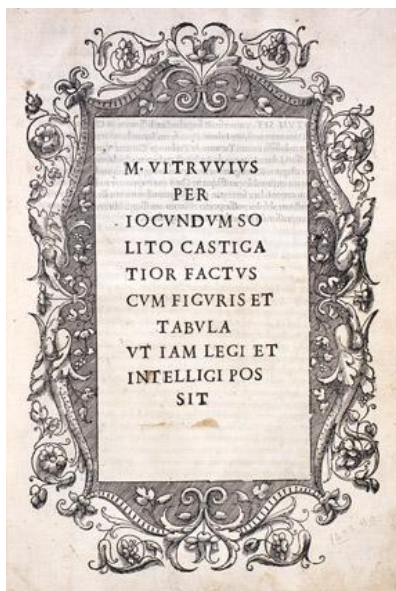


Ilustración 21 Edición veneciana de Ioannis de Tridino, alias Tacuino, 1511.

Marco Vitruvio Polión vivió aproximadamente en el siglo I a.C. , desarrollando su labor bajo los mandatos de César y Augusto. Los diez libros que componen "*De Architectura libri decem* " se redactaron aprox. entre el 35 y el 11 a.C., y su destinatario fue con toda seguridad Augusto.



Por tanto, se trata del tratado arquitectónico más antiguo conocido, que cubre un amplio abanico de los saberes que se consideraban necesarios para el oficio de arquitecto-ingeniero.

Según Vitrubio, indicaba en su tratado de la arquitectura: *“Este conocimiento surge de la practica y del razonamiento. La práctica consiste en una consideración perseverante y frecuente de la obra que se lleva a término mediante las manos, a partir de una materia, de cualquier clase, hasta el ajuste final de su diseño. El razonamiento es una actividad intelectual que permite interpretar y descubrir las obras construidas, con relación a la habilidad y a la proporción de sus medidas....”*

Vitrubio indica la importancia de conocer y normalizar, los métodos constructivos y su control geométrico.

También en el tratado hablaba de libros y normativa de otros autores, *“Quien llegue a leer las normas pertinentes que redactaron Ctesibio³², Arquímedes y otros autores”*

Vitrubio, habla también sobre el conocimiento del arquitecto de las leyes, eso significa la existencia de normas, escritas para poder construir, el control de la calidad y el concepto de habitabilidad citado por la LOE (Ley de ordenación de la edificación).

“El arquitecto ha de tener un conocimiento suficientemente completo de las leyes, para levantar paredes exteriores que separan unos edificios de otros, en lo referente a las goteras y a las cloacas o desagües; como también debe conocer la legislación necesaria para situar la iluminación.

³² Ctesibio (trabajó 285 a. C.–222 a. C.) fue un inventor y matemático griego de Alejandría (siglo III a. C.). Sus contribuciones a la investigación de los fenómenos naturales, así como de la geometría son sólo inferiores a los de Arquímedes.



Definía la composición de la arquitectura Ordenación, Disposición, Eutritmia, Simetría, Ornamento Distribución y economía, citamos la disposición que relaciona la colocación de las piezas y del propio edificio.

“La Disposición es la colocación apropiada de los elementos y el correcto resultado de la obra según la calidad de cada uno de ellos”.

En su tratado, habla de ensayos sobre los materiales, (ensayos organolépticos), como ejemplo, para determinar la calidad de la arena indicaba, *“Lo primero de que debemos ocuparnos, en las obras de mampostería, es de la selección de una arena que sea adecuada para el mortero, esto es, que no tenga tierra mezclada. Las clases de arena son: negra, blanca, roja y carboncillo. De estas cuatro clases, la más idónea será la que, al frotarla fuertemente con las manos, produce un crujido; este efecto no se consigue con la arena mezclada con tierra, pues no tiene aspereza. De igual modo, la arena mas idónea es la que, envuelta en un vestido blanco, al sacudirla después, no mancha si ensucia, ni deja sedimento de tierra.”.*

La normalización de la medida, se basa también como en Egipto y en Grecia, en el cuerpo humano, para crear partes enteras y crear una norma de las medidas.

Remarca nuevamente Vitrubio:

En consecuencia, si es lógico y conveniente que se haya descubierto el numero a partir de las articulaciones del cuerpo humano y a partir de cada uno de sus miembros, entonces se establece una proporción de cada una de las partes fijadas, respecto a la totalidad del cuerpo en su conjunto; solo nos queda hacernos eco de quienes, al construir los templos de los dioses inmortales, ordenaron las partes en sus obras con el fin de que, por separado y en su conjunto, resultaran armónicas, en base a su proporción y simetría.



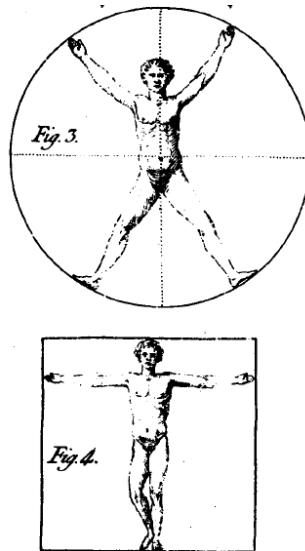


Ilustración 22 Fig 3.Representa el cuerpo humano dentro de un círculo. Según dice Vitrubio en el Lib. III,Num. 2, pago S9.Fig 4.Representa el cuerpo humano dentro de un cuadrado, según Vitrubio en dicho lugar.

La equivalencia de medidas de la antigua roma al sistema métrico internacional se indica en la siguiente tabla, donde vemos la relación del cuerpo humano, con las distintas medidas según sea su dimensión:

Nombre en Latín	Español	Equivalencia en SI (m.)
PES = 1 PES	PIE	0.2957
DIGITUS = 1/16 PES	DEDO	0.01848
PALMUS = ¼ PES	PALMO	0.0739
PALMIPES = 1.25 PES	MANO	0.3696
CUBITUS O ULNA = 1.50 PES	CODO	0.4436
GRADUS = 2.50 PES	GRADO	0.739
PASSUS = 5 PES	PASO	1.479
DECEMPEDA O PERTICA = 10 PES	DOBLE PASO	2.957
ACTUS = 120 PES		38.489
MILLE PASSUS = 5000 PES	MILLA	1478.50
STADIUM	ESTADIO	185.00

Tabla 3 Equivalencia de medidas Romanas



Otro apartado muy importante en la calidad de las edificaciones y de la funcionalidad, era la verificación de la topografía, también Vitrubio habla en su tratado sobre cómo realizarlo y de los equipos que disponían para tales verificaciones.

“El primer paso es un estudio del nivel del terreno. El nivel se fija con la ayuda de la dioptra (Tablilla metálica levantada perpendicularmente en cada extremo de una alidada, provista de un orificio para dirigir visuales) con niveles de agua, o bien con un corobate. El mejor método es usar un corobate, pues la dioptra y los niveles de agua fallan en ocasiones. El corobate es una regla con una longitud aproximada de veinte pies”.



Ilustración 23 Corobates de Vitrubio en dicho Cap. 6,

<http://www.artifexbalear.org/img/vitrubio5g.jpg>

Con lo escrito y tratado y por tratar, vemos como en roma el control de la calidad era explicito en el sistema de construcción que disponían, con controles de los materiales, de las dimensiones de las piezas y de la ejecución.

2.2.5 Roma en España

Cronológicamente el inicio de la conquista romana data del año 218 a.C., con el desembarco de los Escipiones³³ en Ampurias, fecha que coincide aproximadamente con la denominación de la época llamada Historia Antigua.

³³ Escipión (plural, Escipiones) es un apellido romano usado por una rama de la familia de los Cornelios. Los escipiones eran aliados políticos tradicionales de la rama de los Paulos, en la familia de los Emilios. La tumba familiar, fechada en el siglo III a. C. y redescubierta en 1780, contiene una de las mayores colecciones de inscripciones latinas, importante fuente de información sobre la República Romana.



Esta conquista terminó en el año 19 a.C. con el emperador Augusto después de las guerras cántabro astures.

Los indígenas y antiguos colonizadores fueron incorporados al mundo romano, o por la fuerza o simplemente por la influencia de una civilización superior.



Ilustración 24 Distintas administraciones territoriales romanas -en provincias- de la península. <http://www.spanisharts.com/arquitectura/roma.html>

Una vez romanizada, en distintas fases, la península llegó a ser uno de los territorios más importantes del mundo romano, como así lo atestigua la procedencia de grandes emperadores de origen hispano, como Adriano o Trajano y de algún filósofo como Séneca.

Con la invasión de los germanos a principios del S.V se terminó la dominación romana de la península.

Artísticamente podemos dividir el arte romano en varios periodos: el de la república (510-30 a.C.), el del emperador Augusto (30 a.C. - 14) y el clásico (desde el 14).

De manera muy rápida he resumido el periodo romano en España, solo de este tema hay infinidad de documentación, pero no es el objeto su estudio en nuestro trabajo.

La característica esencial de la arquitectura romana es, sobre todo, su racionalidad y funcionalidad. Sin embargo, no debe olvidarse que su deliberada grandiosidad monumental como expresión del poder y superioridad de Roma frente a los pueblos conquistados. La arquitectura romana es heredera de la



etrusca y en menor medida de la griega. Su evolución y variedad regional fueron relativamente pequeñas, presentando gran uniformidad debido al apego a principios más o menos estables fijados por Vitruvio en el siglo I d. de C.

A la arquitectura arquitrabada de los griegos, la romana incorpora, de manera constante, el arco y la bóveda de raigambre etrusca. Las bóvedas empleadas fueron principalmente la cupuliforme, la de medio cañón, de horno y la de arista.

Los materiales empleados fueron básicamente la sillería pétrea, la mampostería, el ladrillo, en combinación frecuente con argamasa de hormigón.

Aunque los romanos emplearon los clásicos órdenes arquitectónicos griegos, los usaron con mayor libertad combinándolos entre sí en la misma fachada.

Como resumen de la arquitectura romana en España redacto una breve descripción de cada uno de las principales construcciones:

2.2.5.1. Arquitectura religiosa: el templo romano

El templo romano es de ascendente etrusco y griego. Del templo etrusco toma su ubicación sobre un alto podio con un único acceso frontal. Del templo griego toma la larga cella y la columnata perimetral, aunque salvo en el pórtico de acceso, que son exentas, están adosadas al muro. Es precisamente en este frontal donde su aspecto más se asemeja al del mundo griego.

En España se conservan restos de numerosos templos, aunque suelen ser muy parciales.

Destaca el muy bien conservado pero pequeño templo de Vic (Barcelona) y los restos de los templos de Diana y Marte de Mérida (Badajoz), Córdoba y Talavera la Vieja (Alcántara).

Entre los monumentos funerarios, destaca la Torre de los Escipiones de Tarragona, el Dístilo de Zalamea de la Serena (Badajoz), el Mausoleo de Los



Atilios en Sádaba (Zaragoza). Mención especial merece el Mausoleo de la villa de Centcelles (Tarragona) por ser el monumento paleocristiano más importante de cuantos se conservan en España.

2.2.5.2. Construcciones civiles

Las ciudades fueron los grandes centros de la convivencia y en general de la civilización romana. En España destacaron las ciudades de Tarragona, Sagunto, Cartagena, Barcelona, Córdoba, Sevilla, Itálica, Mérida, Zaragoza, Valencia, Toledo, Segóbriga, Lugo, Astorga, León, etc.

Estas ciudades romanas necesitaron amurallarse para defenderse de las agresiones. Algunas de ellas lo hicieron al comienzo de la romanización, cuando las guerras con los pueblos celtíberos eran una amenaza real (Tarragona, Córdoba y Carmona). Las demás lo hicieron sobre todo en el siglo III, con las primeras invasiones germánicas.

En estas ciudades se construían edificios públicos para diferentes servicios y actividades (económicas, deportivas y de esparcimiento). Frecuentemente estos edificios se situaban en el foro, verdadero centro neurálgico de la urbe romana. Las termas eran grandes complejos arquitectónicos de esparcimiento y salud pública, donde se establecían baños de diferentes temperaturas (fría, templada, caliente, sauna) en salas distintas.

La basílica, edificio de tres naves separadas por columnas y con rematado en ábside, era el lugar dedicado a las transacciones mercantiles y servía también de juzgado. En la curia se celebraban reuniones políticas.

Algunos de los edificios más emblemáticos del mundo romano fueron los dedicados a los espectáculos. Solían estar cerca de la ciudad, pero fuera de las murallas.

El teatro romano, heredero del griego, dedicado a la representación de obras de dramaturgos clásicos, tenían forma semicircular y se dividían en orchestra, escenario y cavea o graderío. El anfiteatro, espacio ovalado fruto de la unión de



dos teatros por la escena (de ahí su nombre) se usaba como lugar para la contemplación de luchas de animales, gladiadores, ejercicios circenses, simulación de batallas navales, etc. Por último, el circo, estaba destinado a carreras de cuádriga y era un espacio muy alargado en cuyo centro se colocaba la espina con grandes estatuas.

De la Hispania romana, quedan importantes restos arqueológicos de teatros romanos, como el de Mérida, de gran belleza e importancia, pero también citamos los de Tarragona, Sagunto, Pollentia, Clunia, Osma, Toledo, Itálica, Regina, Málaga, Medellín, etc. En cuanto a anfiteatros, en aceptable estado quedan el de Itálica (el cuarto en tamaño de todos los romanos), Mérida, Tarragona y Segóbriga. Circos, se han localizado los de Tarragona, Calahorra, Mérida y Toledo, aunque dada su enorme extensión -el de Mérida llegó a tener 435 metros de longitud- no han sido demasiado respetados por el tiempo y las obras acaecidas durante los muchos siglos posteriores. También, su material pétreo ha sido utilizado como cantera popular para la construcción de otros edificios.

En el terreno de las construcciones conmemorativas, se levantaron grandes columnas, pero sobresalen, por su belleza, los arcos de triunfo, edificios levantados con arco sencillo o triple, en los accesos a las ciudades para celebrar algún éxito militar o realzar la figura de algún político. En España tenemos el arco de Medinaceli, el de Bará y Cabanes. Lamentablemente, el de Caparra, de espectacular estructura cuadrifonte, está peor conservado.

2.2.5.3. Obras públicas

Las ciudades romanas, bien creadas sobre asentamientos indígenas o de nueva creación, exigieron la construcción de grandes obras para salvar ríos, abastecer de agua potable la urbe o facilitar viajes entre esas ciudades. Por ello, algunas de las obras de arquitectura romana más interesantes son los puentes, acueductos y calzadas.



En España, probablemente, los mejores puentes romanos que se conservan son los de Alcántara y Mérida, de perfil horizontal. Sobre esto diremos que la mayor parte de los puentes españoles anteriores al siglo XVII tuvieron base romana, sobre la que se hicieron reformas en época bajomedieval, variando su perfil convirtiéndolo en lomo de asno.

El puente de Alcántara, sobre el Tajo, es una magnífica obra de pericia ingenieril. Los sillares se asientan sobre la roca sin cimentación a soga y tizón. La longitud del puente es de 194 metros y la altura de la parte central, de 47 metros. Todos sus arcos son de medio punto. Fue erigido en el año 106 por el arquitecto Cayo Julio Lácer. En su centro se levanta un arco triunfal y en su cabecera un pequeño templo.

El larguísimo puente sobre el Río Guadiana de Mérida es obra del siglo I a. C. Tiene una longitud de 792 ms. y 62 arcos y es una obra de máxima importancia para la configuración urbana de Mérida. Aunque ha sufrido destrucciones parciales y restauraciones, todavía conserva tramos de gran autenticidad romana.

La arquitectura romana tuvo uno de sus más espectaculares exponentes en los acueductos que transportaban agua a las ciudades desde manantiales o ríos. Su construcción era muy compleja y en ocasiones se tenían que salvar grandes desniveles por lo que en esas zonas su estructura era de arquerías superpuestas.

El mejor acueducto que queda de Hispania y una de las obras de arte e ingeniería más grandiosas del mundo romano es el acueducto de Segovia, construido probablemente entre la segunda mitad del s. I y principios del II, en tiempo de los emperadores Vespasiano y Trajano. Tiene una longitud de 728 metros y 28,29 de altura en su punto más alto. Su construcción es a base de sillería sin argamasa de granito y consta de 167 arcos.

El Acueducto de Los Milagros de Mérida medía 830 metros, con una altura de 25 y proporcionaba agua a la ciudad procedente del embalse de Proserpina.



Todavía subsisten algunos pilares y arcos de granito y ladrillo, que al combinarse proporcionan una agradable y curiosa impresión cromática.

Tampoco les va a la zaga el extraordinario Acueducto de Ferreres que transportaba agua hasta Tarraco (Tarragona) construido en el siglo II, en la época de Trajano. Aunque tuvo una enorme longitud en su origen, actualmente conserva tan solo 164 metros y tiene una altura máxima de 26.

Una curiosa y transformada obra civil de arquitectura romana en terreno español es el faro denominado "Torre de Hércules", aunque su aspecto exterior es neoclásico por la transformación que sufrió en 1791.

Síntesis de la historia de la calidad

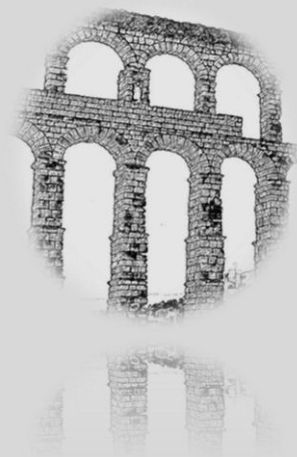
Se trata de analizar mediante las evidencias de la historia, en especial de la historia antigua desde los inicios conocidos de civilizaciones es decir, desde el comienzo de la escritura, las referencias y semejanzas sobre los trabajos y controles de calidad relacionados con la construcción, así como las distintas herramientas e instrumentación dedicada a la normalización, estandarización y el control de la ejecución de las construcciones en Mesopotamia, el Antiguo Egipto, Grecia y Roma, para que en el capítulo siguiente podamos estudiar y analizar más detalladamente la calidad de la fabricación de los sillares empleados y colocados en la construcción del Acueducto de Segovia.



Capítulo 3

EL ACUEDUCTO DE SEGOVIA

Desarrollo del trabajo





3 Capítulo

En este capítulo recordamos que **los objetivos** que pretendemos es el análisis de las medidas, sistemas constructivos y dimensiones de las piezas utilizadas por los romanos se basan en unos principios de estandarización y normalización como indicaba en el resumen del trabajo, *“Entre los objetivos del trabajo realizado se pretende crear un procedimiento de control e identificación enfocado a la calidad en la historia de la arquitectura relativas al control dimensional de los materiales de construcción, así como un concienciar de la necesidad del control de calidad en la construcción, en todas sus partes, proyecto, ejecución y materiales, sin dejar ningún tipo de material sin norma de control.”*

Por este motivo, analizamos una de las obras de ingeniería más importantes en la época romana que perdura en España, estudiándolo en los siguientes apartados desde su historia al análisis de las dimensiones de las piezas se sillería.

3.1.El Acueducto de Segovia

“Retorna a lo antiguo y serás lo moderno.”

Giuseppe Verdi³⁴

Como indicábamos en el apartado **2.2.3 Grecia** del capítulo 2 sobre la leyenda que atribuye a Tales el uso de sus conocimientos de geometría para medir las dimensiones de las pirámides de Egipto a través de la determinación de la longitud de la sombra que producían cuando una vara clavada verticalmente en el suelo producía una sombra igual a su altura.

³⁴ Giuseppe Fortunino Francesco Verdi fue un compositor romántico italiano de ópera del siglo XIX, el más notable compositor de ópera italiana y puente entre el belcanto de Rossini, Donizetti y Bellini y la corriente del verismo y Puccini. Fue autor de algunos de los títulos más populares del repertorio lírico, como los que componen su trilogía popular o romántica: Rigoletto, La Traviata e Il Trovatore y las obras maestras de la madurez como Aida, Don Carlo, Otello y Falstaff.



Nosotros y con los medios tecnológicos que tenemos a nuestro alcance estudiamos y realizamos un levantamiento del Acueducto de Segovia, el cual analizamos las dimensiones de las piezas y arcadas, para verificar el control de la calidad y normalización de las medidas en la antigua Roma, para ello hemos tomado la parte 4ª del acueducto.

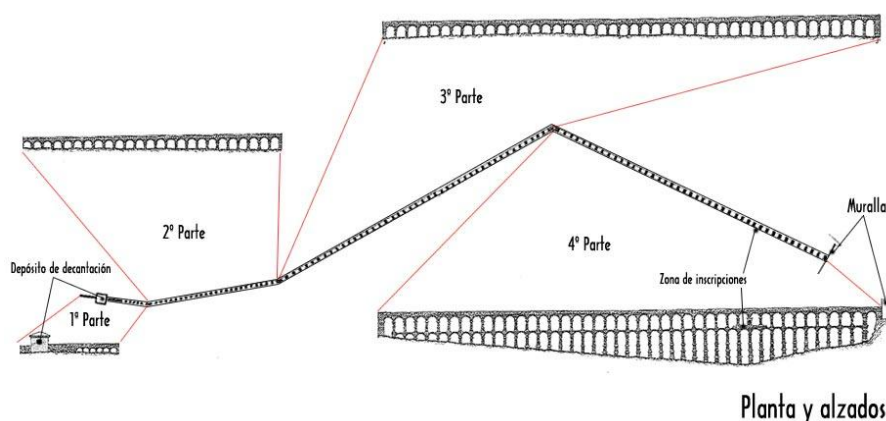


Ilustración 25 Distintas administraciones territoriales romanas -en provincias- de la península. <http://www.spanisharts.com/arquitectura/roma.html>

Es la zona con mejor acceso, para la toma de datos, como Tales de Mileto, realizaremos el levantamiento con medidas topográficas y ayudándonos con programas informáticos, como se desarrolla el apartado 3.3 del presente capítulo.

3.1.1 Historia del Acueducto.

Posiblemente sea el mejor y más completo acueducto que nos queda de todos los que se construyeron en el Imperio Romano, no solo por su excelente conservación, sino también por su concepto, tamaño y diseño.

Ha sufrido algunas destrucciones parciales, remodelaciones e incluso la desaparición parcial de sillares, en concreto de cornisas.



La grandiosidad, armonía e integración que la obra aporta al paisaje de la ciudad han sido motivo fundamental para que en que, en las acciones de restauración se mantuviese el diseño original, siendo la más importante la acometida por los Reyes Católicos. Es, sin duda, la obra de ingeniería más artística y monumental de la historia romana.

Su datación es complicada, ya que no nos quedan inscripciones claras o documentación suficiente para certificar el origen de su construcción. Se le ha atribuido a Trajano, a Claudio, a Nerva o a Domiciano. Pero lo que es seguro es que debió ser a finales del S.I o primeros del S.II..

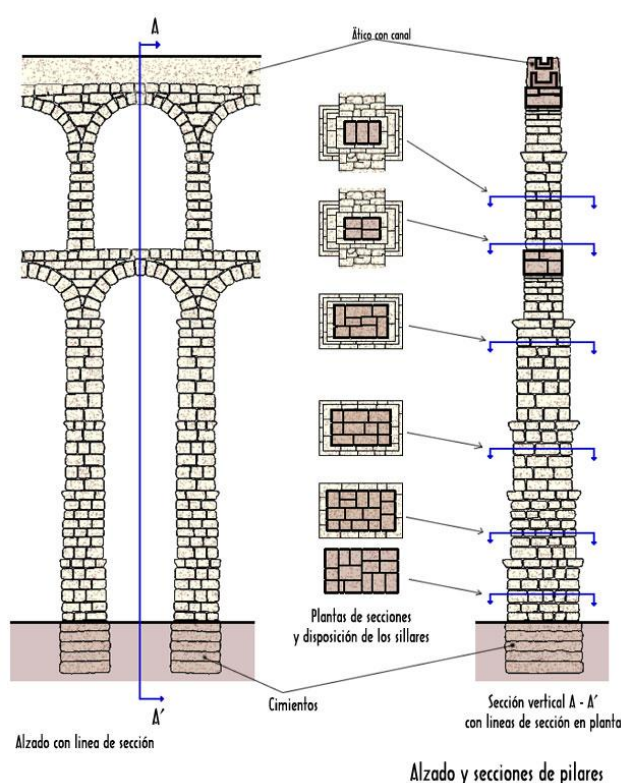


Ilustración 26 tomada de: http://www.spanisharts.com/arquitectura/imagenes/roma/segovia_acueducto_plano.html
(26 de abril de 2011)

El acueducto toma el agua del río Frío situado a 18 km. de la ciudad, la Secovia romana. Se conduce mediante un canal de 0,30 m. de ancho y 0,30 m. profundo. Discurre a cielo abierto hasta el pinar de Balsaín, donde se entierra hasta llegar a un primer filtro de arena "*turris aquae*". Desde ese punto el cauce se eleva sobre un muro parte de la conducción esta hoy pérdida que



desemboca en un segundo depósito de decantación. Este está protegido por una caseta rectangular de 7,70 m. por 4,80 m. de planta con una bóveda de cañón ligeramente apuntado. El estanque interior mide 4,30 m. por 2,20 m. de planta y 2,60 de profundidad. Su fábrica está compuesta por seis hileras de sillares.

De este segundo depósito sale la conducción elevada que es conocida en todo el mundo. Está compuesta de 166 arcos de medio punto -68 sencillos y 44 dobles superpuestos-, y su longitud total es de 638 m.

El trazado de esta sección elevada no es recto, tiene varias partes que varían su dirección: La primera es de 65 m. y consta de 6 arcos de hasta 7 m. de altura. La segunda mide 159 m. con 25 arcos de hasta 8m. La tercera es de 281 m. con 44 arcos y de 12 m. de altura. Por último, la parte más conocida, está compuesta por 43 arcos dobles 86 y dos sencillos, el primero y el último. Las luces de los superiores son ligeramente más amplias, de unos 5,1 m. Esta arquería termina en la muralla. Desde allí hasta el depósito general "*castellum aquae*" existían 9 arcos sencillos, de los cuales solo nos quedan cuatro. Llega a medir 29 m. de altura en su zona más elevada. Precisamente en este punto es donde se encuentra el espacio destinado a la inscripción, que mide 16 m. de largo por 2 de alto. En su lado occidental se ha transcrito:

*"IMP NERVAE TRAIANVS CAES AVG GERM P M TR P II CO S II PATRIS
PATRIAE IVSSV P. MVMMIVS MVMMIANVS ET P. FABIVS TAVRVVS IIVIRI
MVNIC FL SEGOVIESIVM AQVAM RESTITVERVNT"*

En esta parte del acueducto se aprecia el sistema constructivo "escalonado" de los pilares. En su base, la planta mide 3 m. por 2,5 m., pasando a ser de 2,5 m. por 1,8 en su zona final. Los "escalones" sucesivos miden 3,6 m. de altura, menos el último que es de 5,1 m. En cada uno de ellos el pilar disminuye en 0,3 m. y es rematado por una cornisa.

El trazado de esta sección elevada no es recto, tiene varias partes que varían su dirección:



La fábrica es de sillares de granito "*piedra berroqueña*"³⁵ labrados toscamente y colocados en seco el opus quadratum almohadillado, esto es a hueso, en un número aproximado de 25.000. El ático es de mampostería opus incertum, y en su interior se encuentra el canal, rodeado de hormigón romano e impermeabilizado con opus signinum.

Las canteras debieron ser varias: son distintos tipos de granito usado en la construcción de 7.500 m³.

Explicamos brevemente el funcionamiento y la construcción de un acueducto que etimológicamente significa conducción de agua.

El inicio de los acueductos está basado en los establecimientos romanos de nuevas conquistas dentro de su imperio, en especial en las costas occidentales. Necesitaban crear ciudades y centros de operaciones, para ello según Vitrubio en su Libro VIII, indicaba la metodología a seguir, sobre todo basado en la observación de la naturaleza, la vegetación, el terreno, su configuración y composición.

Primeramente se realizaba la captación del agua, desviando parte del curso de un río, a través de un canal impermeabilizado con *opus signinum*³⁶, aprovechando la pendiente para conducirla a un lago artificial o represa, reserva de agua para verano.

Las conducciones de agua se realizaban con tuberías cerámicas, de plomo y en ocasiones con sillares adecuados.

³⁵ El granito, también conocido como piedra berroqueña, es una roca ígnea plutónica constituida esencialmente por cuarzo, feldespato y mica. Mientras el término según los estándares de Unión Internacional de Ciencias Geológicas tiene una a una composición estricta, el término granito es a menudo usado dentro y fuera de la geología en un sentido más amplio incluyendo a rocas como tonalitas y sienitas de cuarzo. Es la roca más abundante de la corteza continental. Se produce al solidificarse lentamente magma con alto contenido en sílice a alta presión. Llamadas batolitos.

³⁶ El opus signinum es un material de construcción, usado ocasionalmente en la antigua Roma. Está hecho de tejas rotas en pedazos muy pequeños, mezclados con mortero y luego golpeados con un pisón. Plinio, en su Historia Natural describe su fabricación: La cerámica rota no se ha utilizado, sino que se constató al igual que el polvo y templado con cal, se hace más sólido y duradero que otras sustancias de naturaleza similar, está formado por el cemento y es conocido como la composición "Signine", tan ampliamente empleado, incluso para hacer las aceras de las casas. "



La primera solución era el canal, dependiendo del terreno, este se construía sobre un muro, sobre arcadas o enterrado, en estas operaciones analizo como existía en la época un técnico encargado de tomar estas medidas y realizar las verificaciones, para salvar los accidentes topográficos, estos técnicos como comentábamos utilizaban equipos como la dioptra y el corobata, primeros controladores de ejecución y calidad.

Generalmente los materiales eran tomados de canteras próximas, la calidad de estas piezas debían ser exquisita ya que debían de encajar a la perfección, a las caras exteriores le daban un acabado final para conseguir el conjunto armónico.

En el caso del acueducto los romanos utilizaron la técnica de sentada en seco, o aparejo a hueso, se utilizaba la piedra sin ningún tipo de argamasa. Esto implica un trabajo depurado en cada uno de los sillares, debiéndose de acoplar las piezas perfectamente para la transmisión de esfuerzos.

La construcción de las arcadas fue utilizada el arco de medio punto, siendo su función primordial en la construcción de acueductos.

Muchas construcciones romanas tienen marcas de inscripción en los sillares, marcas de cantero donde cada cantero ponía su marca para identificar la fabricación de sus piezas, su trazabilidad.

⋈	┐	∞	∧	⦿	Ⓜ
α	℔	℔	✕	ℙ	Δ
⌘†	✱	⊖	⊂	⊥	†
⌚	℣	⓵	∞	⋈	∴
⌒	✱	e	⊖	ζ	⋈
∞	+	·⊙	∞	⦿	
Λ	Β	F	⓵	⌒	⦿

Ilustración 27 Nacimiento de un Acueducto Romano (Antonio Salcedo / M^a Teresa Ramos)

La construcción del acueducto era una obra de gran complejidad debido a las múltiples tareas que tenían que efectuarse. Su organización dependía



directamente del emperador, quien ostentaba el título de curator viarum. El personal que intervenía en la obra estaba constituido por el curator aquarum, el ingeniero militar, el ingeniero civil (estos dos últimos solían ser la misma persona), el topógrafo, los artesanos llamados los fabri, como los picapedreros o canteros y los carpinteros-, que trabajaban bajo la dirección del praefectus fabri, como jefe de obra o gestor de la construcción de la época y por último los esclavos, encargados de realizar todo tipo de faenas, sobre todo las más pesadas.

3.1.2 Trabajo Fotográfico

En este subcapítulo se trata de plasmar mediante fotografías tanto el trabajo de campo realizado como el levantamiento de partes del acueducto para su entendimiento y posterior análisis.



Ilustración 28 Fotografía del emplazamiento del escáner 3d.





Ilustración 29 Fotografía escáner 3d.



Ilustración 30 Fotografía arcos del acueducto de Segovia zona 4.





Ilustración 31 Fotografía del emplazamiento del escáner 3d.



Ilustración 32 Fotografía toma de puntos del escáner 3d.





Ilustración 33 Fotografía mando del escáner 3d.



Ilustración 34 Fotografía del segundo emplazamiento del escáner 3d.





Ilustración 35 Fotografía del segundo emplazamiento del escáner 3d, patrón de referencia.

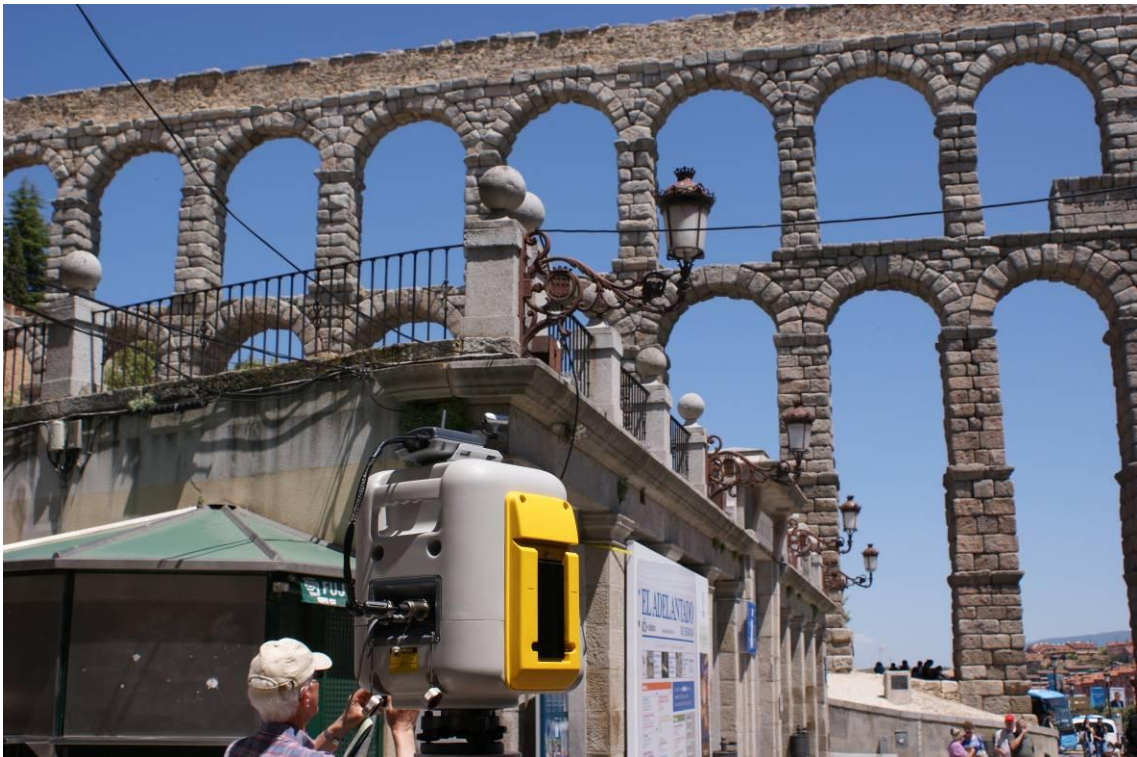


Ilustración 36 Fotografía del segundo emplazamiento del escáner 3d, patrón de referencia.





Ilustración 37 Fotografía sillares del acueducto de Segovia.

3.1.3 Desarrollo del trabajo.

Nuevamente recordamos que **los objetivos** que pretendemos es el análisis de las medidas, sistemas constructivos y dimensiones de las piezas utilizadas por los romanos se basan en unos principios de estandarización y normalización como indicaba en el resumen del trabajo, *“Entre los objetivos del trabajo realizado se pretende crear un procedimiento de control e identificación enfocado a la calidad en la historia de la arquitectura relativas al control dimensional de los materiales de construcción, así como un concienciar de la necesidad del control de calidad en la construcción, en todas sus partes, proyecto, ejecución y materiales, sin dejar ningún tipo de material sin norma de control.”*



El principal objetivo del trabajo es el la verificación de la calidad dimensional de las piezas de sillería utilizadas en la Construcción del acueducto, este trabajo lo podemos relacionar mediante la comparación con normativas como la de recepción de ladrillos NBE-RL-88, donde marca las tolerancias del control dimensional.

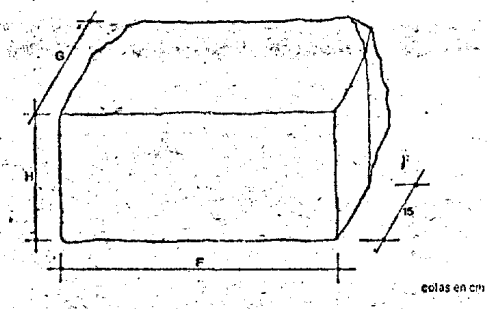
“.....Características dimensionales

El fabricante indicará las dimensiones nominales de los ladrillos en centímetros definidas por las de sus aristas: Soga, tizón y grueso. Sobre estos valores se admiten las siguientes tolerancias:

*Sobre el valor nominal: Dimensión mayor de 10 cm y menor o igual a 30 cm
Tolerancia en mm ± 6 *“

Sabemos que las dimensiones de las piezas son mayores a las indicadas por la norma de ladrillos, por otra parte al no existir referencia a normativa a dimensiones de sillares y tolerancia de las dimensiones actualmente la comparativa la realizamos también utilizando las NTE-EFP.

EFP-2 Sillarejo-Clase-F-G-H



Piedra de forma prismática recta, manejable a mano y volumen aproximado de 8 a 10 dm³, excepto las piezas de esquina y jamba que tendrán unas dimensiones de 45 x 22 x 18 cm, con tolerancia de ± 2 cm. Presentará las caras de junta verticales trabajadas al menos hasta una profundidad de 15 cm y las caras superior y de asiento trabajadas en toda su superficie. La longitud F del sillarejo será por lo menos igual a su altura H y no superior a cinco veces ésta. Su profundidad G no será superior a dos veces la altura H ni inferior a 1/3 de la misma. Las piedras sedimentarias estratificadas deben ir labradas de forma que en obra descansen a hoja sobre sus lechos naturales de cantera, y la carga actúe siempre perpendicularmente a las juntas de hilada. Cumplirá las condiciones generales de la piedra natural para obras de fábrica y las particulares de cada clase.

Ilustración 38 Tomada de la NTE- EFP publicada en el BOE nº 122 de 21 de mayo de 1980

Para la realización del trabajo realizaremos fichas dividiendo la zona 4 del acueducto en sub-zonas, y por la dificultad de toma de datos se realiza las mediciones en la zona más representativa, las cuatro arcadas centrales.



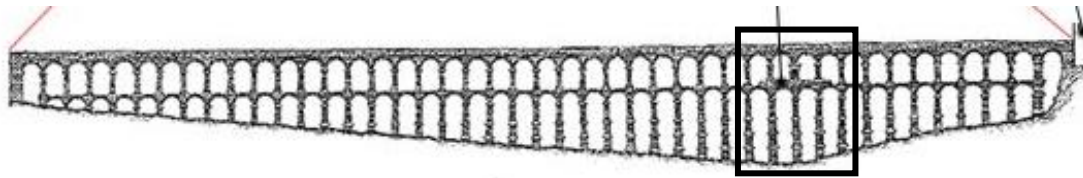


Ilustración 39 Zona de toma de datos, 4 arcadas principales.

El numero de sillares analizados son 212 los correspondientes a la arcada inferior del acueducto, en la zona marcada.

Como se indica en el apartado siguiente 3.1.3 del trabajo la toma de datos mediante nuevas tecnologías y datos de campo tomados por alumnos de la UEM.

Los datos que necesitamos analizar son, el grueso, la soga y la superficie de los sillares.

Dimensión Grueso	Dimensión Soga	Superficie

La toma de datos la realizamos mediante los siguientes métodos y/o equipos:

- Escaneado 3D
- Datos topográficos (ANEXO).
- Tratamiento de datos mediante los siguientes software:
 - URVACAD
 - REALWORKS
 - AUTOCAD
 - ON-SITE PHOTO

Los cuales se describen en los siguientes puntos:



3.2 Procedimientos a aplicar

Para la realización de la toma de datos nos basamos en dos métodos un levantamiento y toma de datos mediante, medidas directas con fleximetro, y métodos topográficos tradicionales, con la ayuda de los alumnos de la Universidad Europea de Madrid (UEM), los cuales los utilizamos de referencia para sacar datos mediante algoritmos de fotogrametría avanzados, definiendo las medidas de los sillares.



Ilustración 40 Fotografía de Alumnos realizando la toma de datos.

Otro de los métodos utilizados para el levantamiento y toma de datos es la utilización del escáner 3d trimble gx,³⁷ facilitado por la empresa Trimble, la cual realizó la toma de datos en práctica conjunta con los alumnos de la UEM.

El sistema de escáner cuenta con la capacidad de resolución fotorealística, el escáner 3D Trimble GX proporciona lo último en imágenes de Spatial Imaging detalladas. Los datos pueden capturarse con precisión subcentimétrica, lo que le proporciona una clara visibilidad en cada matiz de la escena.

³⁷ Trabajo de toma de datos en tres dimensiones.



El catalogo del equipo indica:

“El vídeo incorporado ofrece un panorama completo de la escena para compararla con el mismo escaneado los colores verdaderos en tiempo real proporcionan realismo y precisión.

La tecnología Overscan™ mejora el alcance de adquisición de datos hasta 350 m cuando la distancia es una prioridad • Se pueden medir millones de puntos con una resolución muy alta y a una velocidad incomparable. O utilice la tecnología patentada SureScan™ para capturar solo los puntos que necesita...”



Ilustración 41 Fotografía del trabajo mediante el escáner 3D de Trimble.

Las características del equipo son las siguientes:

La precisión de la toma de datos es de 1 cm, dada a la irregularidad de las piezas consideramos que es suficiente, incluso como se marcaba antes según las NTE, las tolerancias del tallado en sillares era de un ± 2 cm, e incluso en la FL, para ladrillos de ± 6 mm, con este grado de precisión y mediante el programa informático RealWorks, para el tratamiento de datos tridimensionales, después del escaneado, se realizan la transposición de las medidas para el análisis estadísticos de los datos.

La ficha técnica la adjunto en las siguientes ilustraciones:



HOJA DE DATOS

ESCÁNER 3D TRIMBLE GX

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Un exclusivo escáner 3D diseñado para profesionales de la topografía

Versátil para satisfacer las necesidades de levantamientos topográficos en aplicaciones nuevas y tradicionales

Complementa otros sistemas de medición topográfica de Trimble en una solución Integrated Surveying™

Componente importante del Connected Survey Site



EL ESCÁNER 3D TRIMBLE GX ES UN AVANZADO INSTRUMENTO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO QUE UTILIZA TECNOLOGÍAS LÁSER Y VIDEO DE ALTA VELOCIDAD PARA CAPTURAR DATOS DE COORDENADAS E IMÁGENES

UN FLUJO DE TRABAJO PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El escáner 3D Trimble® GX™ es el primer escáner láser 3D en ofrecer un verdadero flujo de trabajo para el levantamiento topográfico. Como tal, el escáner 3D Trimble GX ofrece oportunidades únicas de negocio: abre las puertas a nuevas aplicaciones y aumenta la eficiencia de los sistemas tradicionales.

El flujo de trabajo topográfico se complementa con características como la instalación de estación nivelada, opciones flexibles de fuente de alimentación, y la compatibilidad con los resistentes controladores Trimble populares entre los topógrafos¹. Al "pensar como un topógrafo", el escáner 3D Trimble GX ofrece importantes beneficios:

- Instalaciones más rápidas y menos numerosas²
- Portabilidad
- La capacidad de complementar otros sistemas de levantamiento topográfico, como la Estación Total Trimble® S6 o el Sistema GNSS Trimble® R8

El escáner 3D Trimble GX permite que los profesionales de la topografía incorporen de inmediato el escaneo láser 3D a los servicios de su negocio. Con su corta curva de aprendizaje, el escáner 3D Trimble GX brinda óptimos aumentos de la productividad y un rápido retorno de la inversión.

VERSATILIDAD EXCEPCIONAL

El escáner 3D Trimble GX es notablemente versátil. Sus características exclusivas permiten adaptarlo a las necesidades particulares de cada trabajo:

- El instrumento se ajusta a múltiples aplicaciones de levantamiento topográfico. En muchos trabajos de topografía tradicionales, el instrumento ahorra hasta el 80% de los costos de recursos humanos, en especial cuando se combina con el software de oficina Trimble® RealWorks Survey™, que maneja con facilidad enormes cantidades de datos de los archivos de escaneo.
- Para algunos trabajos, puede hacer estación en un punto conocido o llevar a cabo una resección tradicional para determinar las coordenadas y orientación del proyecto. Para otros trabajos puede instalarlo en cualquier lugar sin tener que preocuparse de las coordenadas del punto hasta más tarde.

- El autoenfoco en tiempo real ayuda a recoger datos altamente precisos en un corto tiempo; un sistema 360° servoimpulsado escanea en interiores y exteriores.
- Cuando un trabajo requiere menos detalles pero un alcance mayor, la tecnología Trimble® OverScan™ aumenta la capacidad de adquisición de datos hasta 350 m. Esta característica permite realizar menos instalaciones para tiempos de levantamiento topográfico más cortos, y el escaneo de objetos de mayor tamaño.

La versatilidad del escáner 3D Trimble GX asegura que su inversión se rentabilice en todo momento y siempre aumenta su rentabilidad.

LA SOLUCIÓN ORIGINAL DE TOPOGRAFÍA INTEGRADA Y ALGO MÁS

Los sistemas de escaneo 3D de Trimble son compatibles con la topografía integrada y son parte importante de la solución para el levantamiento topográfico de Trimble.

En cualquier lugar y situación usted puede combinar técnicas topográficas para completar los requisitos de un trabajo. Por ejemplo, determine una poligonal usando una solución óptica como la Estación Total Trimble S6 y luego, en el punto de control, escanee el área de levantamiento con alta resolución, usando el escáner 3D Trimble GX.

En la oficina, RealWorks Survey importa archivos de escaneo a un PC para su tratamiento. El software también es compatible con datos ópticos y de GNSS procesados, de modo que toda la información obtenida del lugar de un levantamiento se pueda combinar en un único archivo de proyecto.

Siempre que se enfrente a nuevos retos de medición topográfica, la confianza que deposita en Trimble pone a su disposición las herramientas y técnicas correctas, incluido el escaneo 3D. Cada sistema Trimble se integra a la perfección mediante flujos de trabajo y tecnologías en común, haciendo de su lugar de trabajo cotidiano un lugar donde el todo es más que la suma de sus partes. Bienvenido al Connected Survey Site.

1 Con el modelo, el Controlador Trimble R800™, con el apoyo de un PC.

2 Una instalación típica requiere menos de 2 minutos.



Ilustración 42 , Ficha técnica de Trimble 3d gx.



ESCÁNER 3D TRIMBLE GX

RENDIMIENTO

Alcance	típico: 200 m; ampliado: 350 m (con OverScan/F
Velocidad de escaneo	hasta 5000 puntos por segundo
Desviación típica ¹	1,4 mm @ 150 m; 2,5 mm @ 100 m
	3,6 mm @ 150 m; 6,5 mm @ 200 m
Precisión de punto único	posición = 12 mm @ 100 m
	distancia = 7 mm @ 100 m
	Ángulo Hz = 12° (60 grad); ángulo Vt = 14° (70 grad)
Adquisición del objeto	desv. tip. <1 mm (destinos Trimble)
Precisión de superficie modelada	≈ 2 mm (dependiendo del método ²)
Nivelación	nivel circular en plataforma nivelante; 8°
	Compensador de doble eje 45°
	Compensación de nivelación automática en tiempo real
Integridad de los datos	calibración periódica de índice cero
	temperatura compensación en tiempo real
Optimización de escaneo	correcciones atmosféricas (definibles por el usuario)
	promedio de adquisición múltiple definible por el usuario
	autofoco: controlado por el usuario o auto implementación
Resolución de escaneo	tamaño de área: 3 mm @ 50 m
Tamaño de área con autofoco:	0,3 mm @ 5 m; 0,9 mm @ 15 m; 1,5 mm @ 25 m;
	Espaciado de puntos: hasta un mínimo de 3,2 mm @ 100 m;
	(1,6 mm verticales disponibles = 18 pts/cm² / 106 puntos/pulg. quad.);
Fila de escaneo (Hz): 200.000 puntos; Fila de escaneo (Vt): 65.536 puntos	

ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

Láser	tipo: 532 nm de pulso, verde
	Clase: IEC 60825-1 – Clase 3R; 21 CFR §104.1.10: Clase 2
Campo de visión	360° x 60° en un solo escaneo continuo
Óptica	sistema óptico de escaneo patentado
Transferencia de datos	Enlace USB para extensiones disponibles
Imagen digital	video a color integrado en tiempo real con zoom óptico 5.5x
Indicadores de estado	sistema listo, láser activado, estado con.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Láser 3D Servo-impulsado	
Escáner	dimensiones: 323 largo x 343 ancho x 404 alto (mm)
	peso: 13,0 kg (28,7 lb); consumo de potencia: <1 00 W
Fuente de alimentación	unidad super compacta, CA 90-240 V, 50-60 Hz
	CC 24 V nominal
	dimensiones: 169 largo x 65 ancho x 37,5 alto (mm);
	peso: 0,7 kg (1,5 lb)
Maleta para transporte	registrable en aerolíneas
	dimensiones: 645 largo x 490 ancho x 435 alto (mm);
	peso: 14,2 kg (31,4 lb)
Ambiente	temp. de funcionamiento: 0 °C a 40 °C;
	temp. almacenamiento: -20 °C a 50 °C
	luz: completamente operacional en todo tipo de luz
	sellado: IP53 (I.E.C.);
	golpes: cumple la norma de transporte
	IEC 60721-3-2: 2M2 (escáner)
	2M3 (escáner en maleta)
	humedad: atmósfera sin condensación

Accesorios estándar	maleta de transporte autorizada en la mayoría de las aerolíneas;
	fuente de alimentación super compacta con cables CA;
	Plataforma nivelante Trimble; cable ethernet para conexión del escáner al colector de datos; 50 objetivos planos adhesivos;
	Kit de instalación del Software de Campo del Escáner 3D Trimble
Accesorios opcionales	Controlador Recon Trimble con software de campo PocketScope
	Moñita para escáner 3D Trimble;
	kit de cables para batería de automóvil
	kits de objetivos; (plano, esférico); baterías

SOFTWARE DE CAMPO

El software de campo PointScope para el escáner 3D Trimble GX se ejecuta en un PC portátil. El software de campo PocketScope se ejecuta en un dispositivo Pocket PC, como el controlador Recon de Trimble. Ambas aplicaciones ofrecen avanzadas funciones de escaneo:

Flujo de trabajo de levantamientos topográficos:

- Nivelación electrónica
- Compensación de eje dual
- Correcciones atmosféricas
- Instalación de estación y rutinas de resección

Herramientas de encuadre:

- Encuadre rectangular
- Control de zoom de video
- Medición de esfera, objetivo y punto único

Opciones de escaneo:

- Ajustes de configuración de escaneo predeterminada o personalizada
- Retorno de nube de puntos coloreada y de intensidad
- Control de resolución y tiempo estimado de escaneo

Adicionalmente, PointScope ofrece las siguientes funciones avanzadas:

- Transmisión continua de video en vivo
- Panorama automático
- Generación automática de imágenes de escaneo
- Rápido encuadre interactivo en video, panorama o imagen
- Encuadre poligonal
- Múltiples encuadres de escaneo
- Reconocimiento automático de objetivo y esfera
- Visualización 3D en tiempo real, panorama y zoom, incluso al escanear
- Visualización de ubicación del escáner
- Pantalla con nube de puntos registrada por intensidad o con colores verdaderos
- Generación de imagen simulada o iluminación ambiental
- Cálculos inversos y de medición

© 2006 Trimble Inc.
Todos los derechos reservados.
Trimble, el logotipo de Trimble y el símbolo de Trimble son marcas comerciales de Trimble Inc. o de sus filiales.
Microsoft, Windows y Windows XP son marcas comerciales de Microsoft Corporation.
Intel, Intel Inside y Intel Celeron son marcas comerciales de Intel Corporation.
El software de campo PointScope es un producto de Trimble Inc. o de sus filiales.
El software de campo PocketScope es un producto de Trimble Inc. o de sus filiales.

© 2006 Trimble, Trimble Navigation Limited. Todos los derechos reservados. Trimble, el logotipo de Trimble y el símbolo de Trimble son marcas comerciales de Trimble Inc. o de sus filiales.
Microsoft, Windows y Windows XP son marcas comerciales de Microsoft Corporation.
Intel, Intel Inside y Intel Celeron son marcas comerciales de Intel Corporation.
El software de campo PointScope es un producto de Trimble Inc. o de sus filiales.
El software de campo PocketScope es un producto de Trimble Inc. o de sus filiales.

1. Medido en una superficie blanca en un 20% (blanco).
2. La adquisición de datos depende del tipo de superficie y de la distancia.
3. Otros valores típicos para capturas de datos mediante el escáner en condiciones de medición de laboratorio.

Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

Ilustración 43 Ficha Técnica de Trimble 3d ax

Por otra parte para el tratamiento de los datos utilizamos el programa RealWorks, el cual tiene las siguientes características.



SOFTWARE TRIMBLE REALWORKS NOTAS TÉCNICAS

Trimble RealWorks es un potente software de oficina de Trimble que importa numerosos datos del sensor de Spatial Imaging (Imágenes espaciales) y los transforma en resultados 3D atractivos. Las potentes herramientas de Trimble RealWorks administran, procesan y analizan archivos de datos de gran tamaño que contienen millones de puntos, lo que le permite producir resultados de muy alta calidad que impresionarán y satisfarán a sus clientes.

El software Trimble® RealWorks® le permite registrar, visualizar, explorar y manejar datos de nubes de puntos capturados con un sensor de Trimble Spatial Imaging. El mismo incorpora herramientas precisas, características de modelado y potentes, ideales para aplicaciones como la topografía civil, la construcción, el catastro de patrimonio histórico y aplicaciones forenses, además de muchas otras más de la industria geoespacial.

A pesar de ser avanzado, pero muy sencillo de usar, el software Trimble RealWorks le permite:

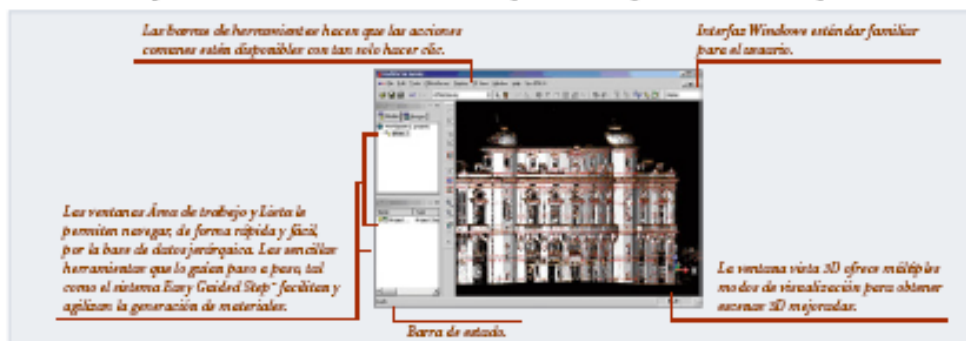
- Administrar, procesar y analizar conjuntos de datos de gran tamaño
- Administrar conjuntos de datos de gran tamaño con eficiencia mediante técnicas de carga parcial
- Realizar mediciones de forma inteligente: altura libre semi-automática, proyecciones vertical y horizontal
- Extraer fácilmente objetivos de los datos escaneados
- Realizar un registro totalmente automático
- Comprobar rápidamente la calidad de los objetivos
- Generar informes de registro

- Integrar con eficiencia los datos de sensores Trimble GNSS, óptico y de Spatial Imaging
- Exportar con facilidad al paquete de diseño CAD de su elección
- Comunicar los resultados mediante la generación de video y la exportación a Google Earth (formato kmz)

Mientras que Trimble RealWorks es lo suficientemente potente para manejar conjuntos de datos de gran tamaño, a la vez resulta muy sencillo de utilizar: el software lo guía, paso a paso, por las complejas tareas de administración y manipulación de datos para asegurarse que siempre logrará sus objetivos y los de sus clientes.

El resultado final en el software Trimble RealWorks consiste en la generación de resultados 2D y 3D atractivos para la validación directa o exportación de los mismos a paquetes CAD tales como AutoCAD y MicroStation.

El software de oficina Trimble RealWorks es la solución central para convertir datos de sensores de Spatial Imaging a los resultados que sus clientes necesitan. Comparta su trabajo mediante video para que las revisiones del proyecto sean productivas. Incluso puede vender o proporcionar servicios adicionales generando modelos georeferenciados en 3D de Google Earth.



ADMINISTRE, PROCESA Y ANALICE CONJUNTOS DE DATOS DE GRAN TAMAÑO

Herramientas de Inspección avanzadas

Compare los levantamientos de ejecución con el diseño, antes y después de los eventos, y mucho más

Las herramientas de inspección avanzadas de Trimble RealWorks son ideales para aplicaciones de control tales como la ingeniería civil (carreteras y puentes) y minería. Los materiales resultantes proporcionan información más abundante, más detallada y de mayor utilidad para sus clientes.

Utilice las herramientas avanzadas de RealWorks para:

- Inspeccionar datos de certificación, comparándolos con el diseño concreto.
- Generar y visualizar inspecciones, detectando variaciones.
- Obtener visualizaciones gráficas 2D y 3D de espacios y deformaciones para analizarlos con facilidad.
- Importar perfiles y primitivas geométricas de un archivo de diseño CAD en .dwg o .dgn, y exportar archivos gráficos en .dxf y .dgn.
- Compartir información imprimiendo los resultados directamente utilizando la interfaz de impresión integrada de RealWorks.

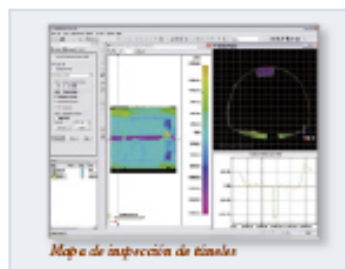


Ilustración 44 RealWorks, ficha técnica.

La cual indica, El software Trimble® RealWorks™ le permite registrar, visualizar, explorar y manejar datos de nubes de puntos capturados con un



sensor de Trimble Spatial Imaging. El mismo incorpora herramientas precisas, características de modelado y potentes, ideales para aplicaciones como la topografía civil, la construcción, el catastro de patrimonio histórico y aplicaciones forenses, además de muchas otras más de la industria geoespacial.

Al ser avanzado, pero muy sencillo de usar, el software Trimble RealWorks le permite:

- Administrar, procesar y analizar conjuntos de datos de gran tamaño
- Administrar conjuntos de datos de gran tamaño con eficiencia mediante técnicas de carga parcial.
- Realizar mediciones de forma inteligente: altura libre semiautomática, proyecciones vertical y horizontal.
- Extraer fácilmente objetivos de los datos escaneados.
- Realizar un registro totalmente automático.
- Comprobar rápidamente la calidad de los objetivos.
- Generar informes de registro.
- Integrar con eficiencia los datos de sensores Trimble GNSS, ópticos y de Spatial Imaging.
- Exportar con facilidad al paquete de diseño CAD de su elección
- Comunicar los resultados mediante la generación de vídeo y la exportación a Google Earth (formato kml).

Mientras que Trimble RealWorks es lo suficientemente potente para manejar conjuntos de datos de gran tamaño, a la vez resulta muy sencillo de utilizar: el software lo guía, paso a paso, por las complejas tareas de administración y manipulación de datos para asegurarle que siempre logrará sus objetivos y los de sus clientes.

El resultado final en el software Trimble RealWorks consiste en la generación de resultados 2D y 3D atractivos para la salida directa o exportación de los mismos a paquetes CAD tales como AutoCAD y MicroStation.

El software de oficina Trimble RealWorks es la solución central para convertir datos de sensores de Spatial Imaging a los resultados que sus clientes nece



3.2.1 Toma de Datos

Como indicábamos en el apartado anterior, los resultados de las medidas las dividimos en dos apartados, las realizadas ínsito, las cuales las referenciamos al programa On site photo, y las realizadas con escáner 3D, analizando cada una de las medidas longitudinales y verticales de las pilastras principales de las arcadas.

Estas dimensiones se miden en 3D dando precisiones milimétricas entre los puntos que definamos para la toma de los datos.

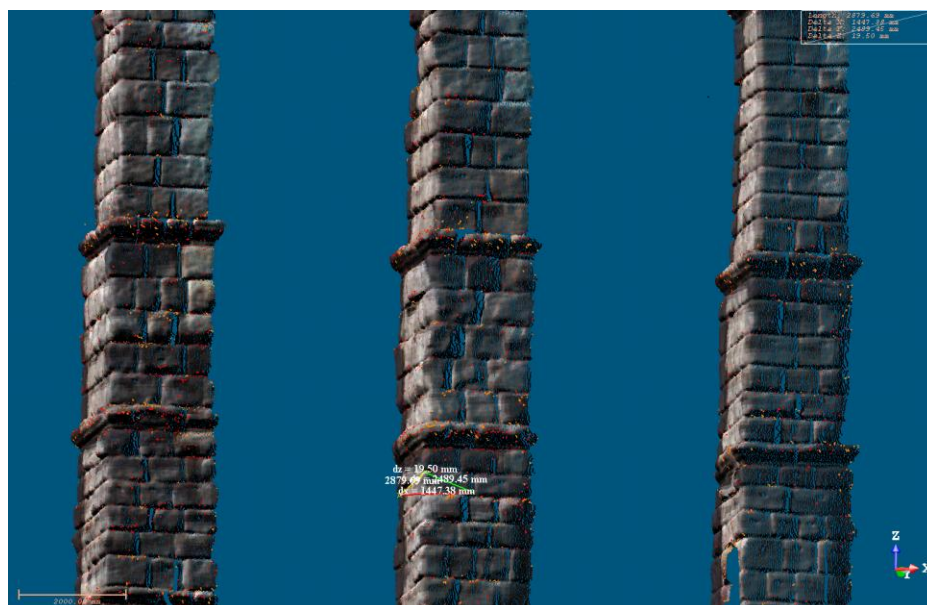


Ilustración 45 Toma de medidas en el orto alzado mediante el escáner 3D de Trimble.



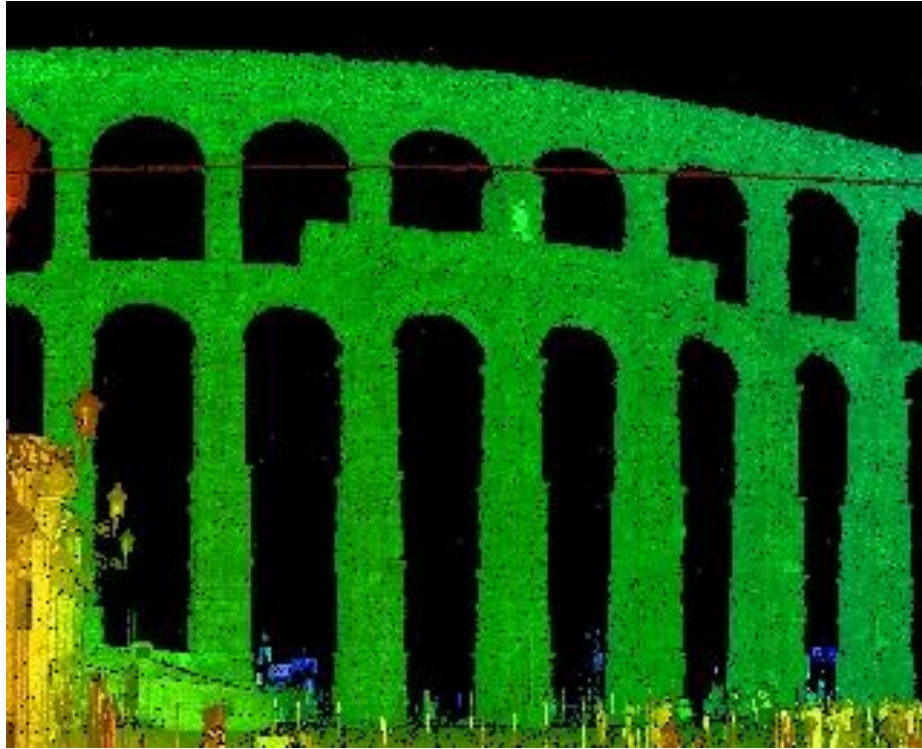


Ilustración 46 Toma de medidas en el orto alzado mediante el escáner 3D de Trimble.

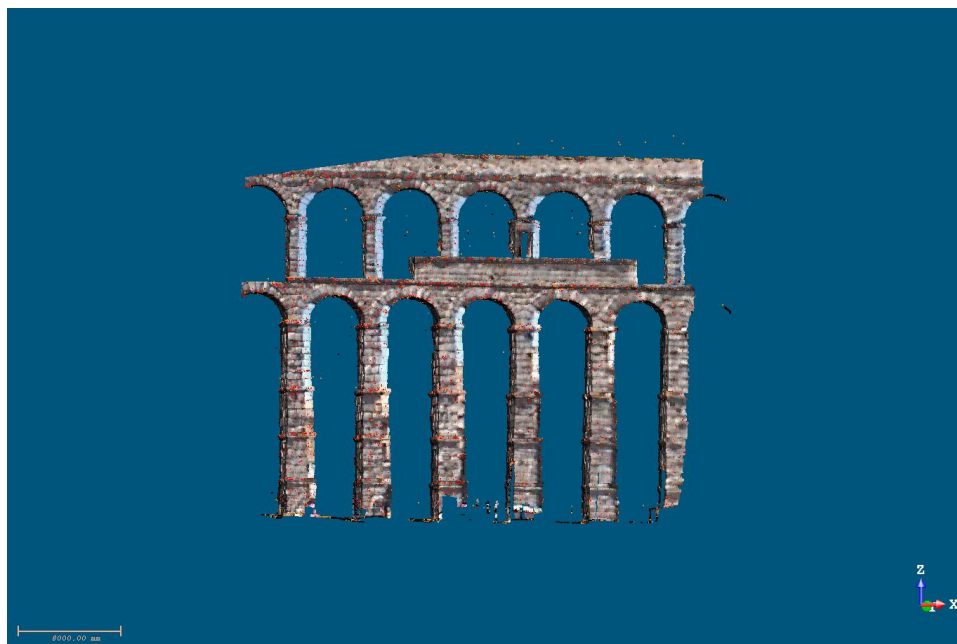


Ilustración 47 Toma de medidas en el orto alzado mediante el escáner 3D de Trimble.

El otro método utilizado es la toma de datos de los sillares bajos y alturas generales de acueducto, para referencia en el tratamiento de datos en la fotogrametría.



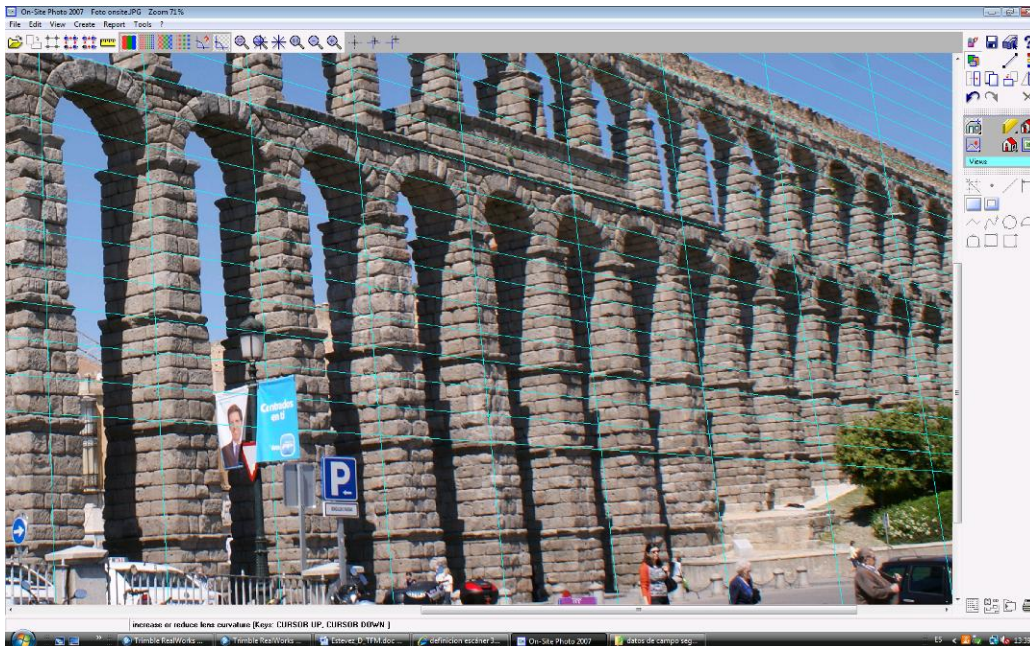


Ilustración 48 Análisis de los dots mediante la fotogrametría.

3.2.1.1 Medidas In situ.

De las medidas realizadas in situ y pasadas al programa grafico AUTOCAD, estas medidas las hemos tomado mediante la salida de datos de los programas RealWorks y on site photo, los cuales los elegimos al trabajar con el escáner 3d de trimble y con on site photo por disponer del mismo y debido a las tolerancias de las medidas de 1 centímetro considerada aceptable para el análisis de las dimensiones de los sillares objetos del estudio.



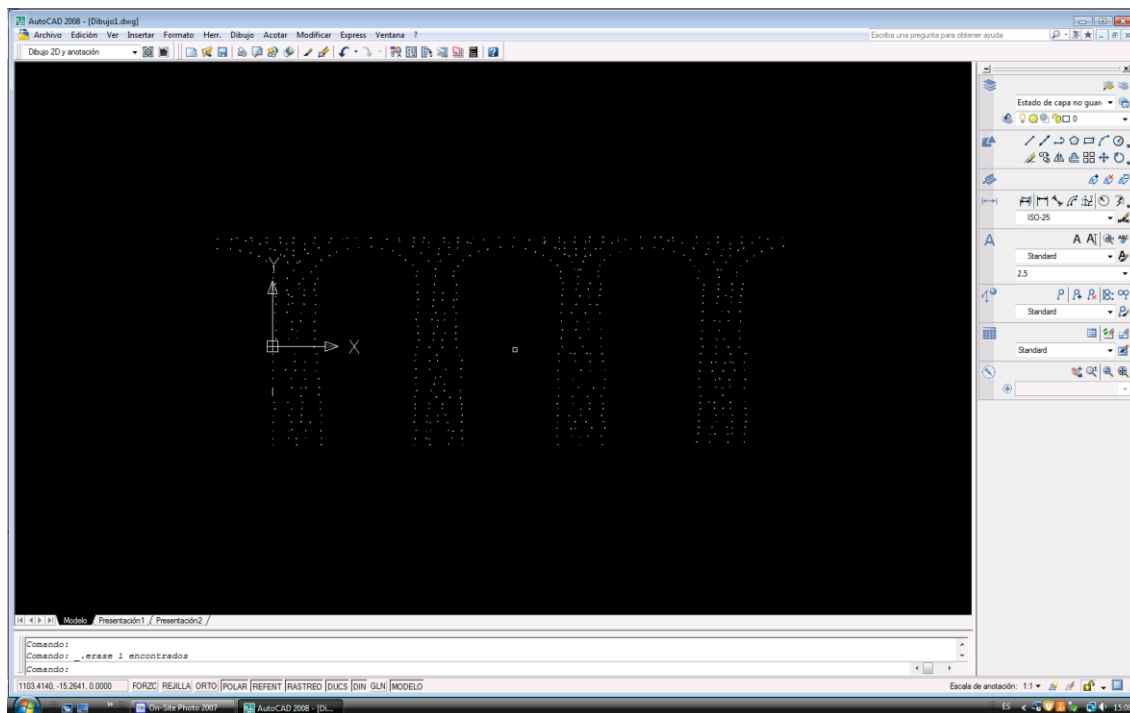


Ilustración 49 puntos de datos exportados a AUTOCAD para su análisis dimensional.

Los resultados obtenidos son los indicados en las tablas siguientes, divididas en tipos de resultados, el área de los sillares, la longitud o medida de la sogá y por último la medida del grueso de los mismos.

Los datos de las medidas tomadas se encuentran el anexo del documento.

MEDIDA DE LAS AREAS DE LOS SILLARES

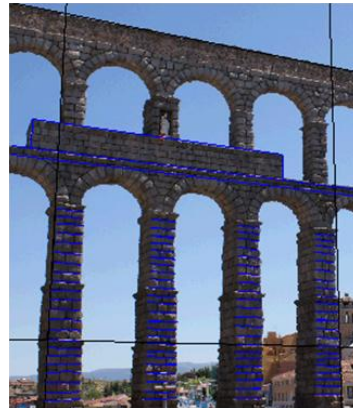
On-Site Photo Report

Image: DSC04177.JPG
Size: 2160 * 2500 Pixels
Date: 15/05/2011
Time: 9:19:56
Precision: 1,0 cm
Path: C:\Users\Daniel ... e campo segovia
Calibration: 184,0 cm * 287,0 cm



MEDIDA DE HORIZONTAL DE LOS SILLARES (SOGA Y TIZON)

Image: DSC04177.JPG
Size: 2160 * 2500 Pixels
Date: 19/05/2011
Time: 14:23:24
Precision: 1,0 cm
Path: C:\Users\Daniel ... e campo segovia
Calibration: 184,0 cm * 287,0 cm



MEDIDA DEL GRUESO DE LOS SILLARES

On-Site Photo Report

Image: DSC04177.JPG
Size: 2160 * 2500 Pixels
Date: 23/05/2011
Time: 12:18:28
Precision: 1,0 cm
Path: C:\Users\Daniel ... e campo segovia
Calibration: 184,0 cm * 287,0 cm





Capítulo 4

SÍNTESIS Y RESULTADOS





4 Capítulo:

4.1. SÍNTESIS Y RESULTADOS

En este capítulo solo analizamos el trabajo de campo ya que el trabajo sobre la calidad en la historia, indicamos el resultado de nuestra investigación en el capítulo de conclusiones.

En el trabajo de campo, hemos analizado los datos obtenidos comparándolo con las medidas estandarizadas y normalizadas de los romanos, así como un estudio estadísticos que nos pueda dar información sobre la utilización de los sillares en la construcción.

Sabemos que la ejecución de las basas del acueducto de Segovia está compuesta por sillares sin argamasa y con una colocación a soga y tizo, alternando según la necesidad de la construcción y no siguiendo un patrón fijo, analizamos entonces las distintas dimensiones en una de las caras del acueducto, como se indica en un opus quadratum y posterior almohadillado.

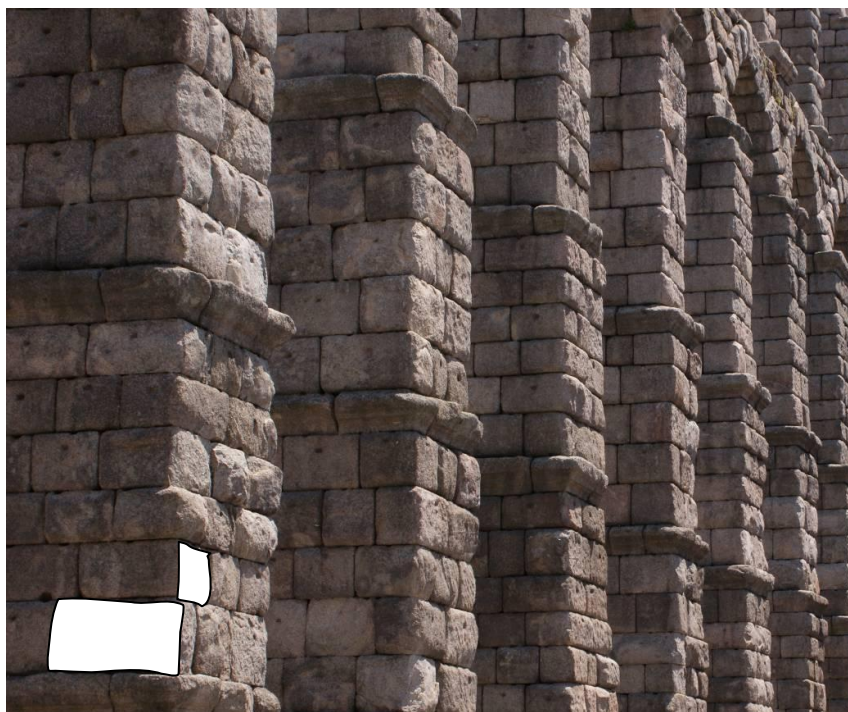


Ilustración 50 Fotografía propia, aparejo del acueducto a soga y tizón.



Dentro de las medidas que realizamos en nuestro trabajo es la toma de datos de las áreas de los sillares, encontrándonos grandes sorpresas, ya que en la mayoría de los libros y tratados, como en el artículo realizado por Lourdes Roldan Gómez, profesora de la Universidad Autónoma de Madrid, “Construcciones de opus quadratum”, indican que los romanos no siguen una norma establecida en la colocación de los sillares, sin embargo nos damos cuenta con la tabla de datos obtenidos, solo con cuatro basas del acueducto, y en una de sus caras, que existen coincidencias en las áreas, repitiéndose en grupos de 2 a 9 piezas iguales, como muestra la grafica de los datos obtenidos.

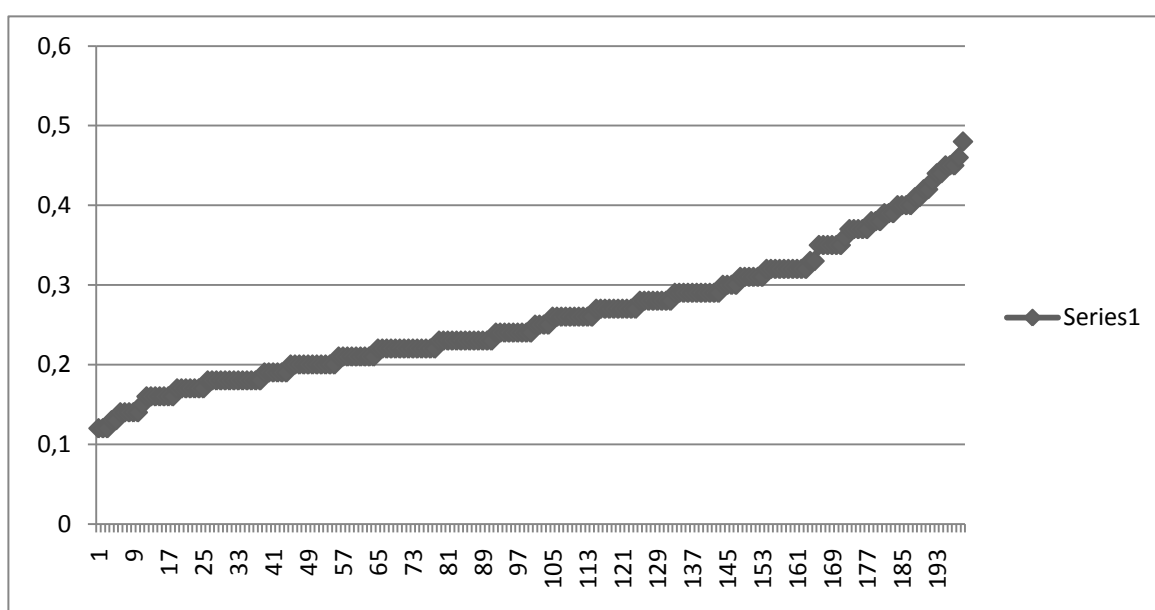


Ilustración 51 Grafica de medidas de áreas de los sillares.

Como explicaba anteriormente este acueducto está compuesto por arcos de medio punto formados por granitos colocados sin argamasa. Estos sillares están cortados regularmente (opus quadratum) y dispuestos a soga y tizón, es decir, los sillares se van alternando: unos por su lado más largo(soga) y otros por su lado más corto(tizón).

La norma general en la ejecución, era dejar el trabajo final de los sillares para realizarlo en la propia obra, presentando en sus caras externas la técnica del almohadillado, que consiste en rehundir las juntas para que sobresalga la parte



central, remarcando las líneas verticales del edificio. El conjunto recibe el nombre de opus quadratum, a soga y a tizón, sistema constructivo romano en el que los sillares se disponían en hiladas paralelas regulares, con el paso del tiempo las medidas y tolerancias debido a la meteorización y otras intervenciones se han ido modificando.

Estos valores establecen la utilización de sillares homogéneos, aunque cuando inicialmente estudias la colocación de dichos sillares, parece que su colocación es aleatoria, pero analizando los datos obtenidos nos damos cuenta que siguen un patrón de medida con unas tolerancias, como es sabido el estado de los sillares, tras el paso de los tiempos ha sufrido bastante meteorización y desgastes, siendo muy difícil, la toma de medidas al no tratarse de piezas nuevas con dimensiones exactas.

Resulta curioso cuando realizamos el análisis de los resultados estadísticamente, se comporta como una normal como indican los siguientes resultados obtenidos.

Resumen Estadístico:

Frecuencia = 199
 Media = 0,259849
 Varianza = 0,0064419
 Desviación típica = 0,0802614
 Mínimo = 0,12
 Máximo = 0,48
 Rango = 0,36
 Asimetría tipi. = 3,52813

Incluye las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad, y medidas de forma. De particular interés están los coeficientes de asimetría y curtosis estandarizados que pueden utilizarse para determinar si la muestra procede de una distribución normal. El valor del coeficiente de curtosis estandarizado está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal.



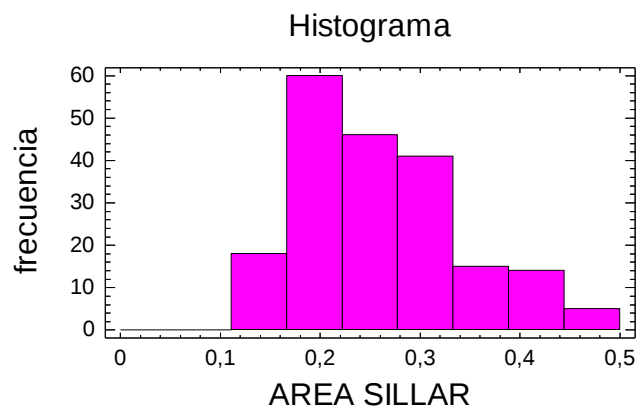


Ilustración 52 Histograma podemos asemejar el dato a una normal.

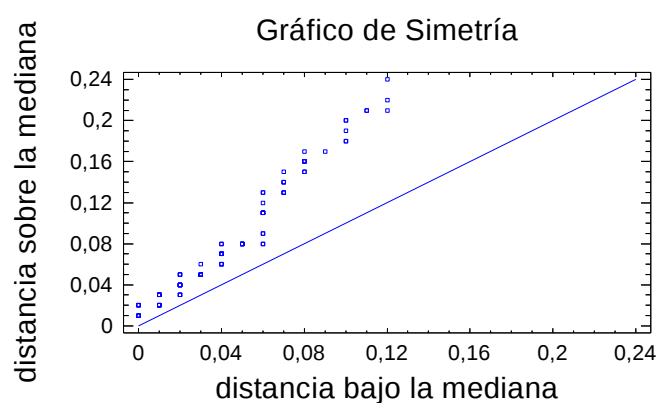


Ilustración 53 Histograma podemos asemejar el dato a una normal.

Es curioso observar, que cuando analizamos la muestra con el dato de las áreas, nos da una normal.

Por otra parte seguimos analizando los resultados, comparando los datos obtenidos con las medidas normalizadas de roma consideramos para estas piezas el codo (0,44 metros) y el pie (0,2957 metros), se verifican datos significativos, tomando en el análisis la tabla de las medidas horizontales, y asemejándolas al codo romano, obtenemos porcentajes de piezas colocadas en las basas del acueducto de Segovia, esto muestra que la colocación de estas piezas y el tallado de las mismas siguen un patrón predeterminado.



Para la realización de esta comparativa convertimos las medidas romanas por escalones, 1 Pie, 1 $\frac{1}{4}$ pies, 1 $\frac{1}{2}$ pies, $\frac{3}{4}$ pies y así sucesivamente como mostramos en la tabla siguiente:

N. romano	metros	Equivalencia de medida romanas a metros											
		1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4
pie	0,2957	0,369625	0,44355	0,5175	0,591	0,665	0,739	0,81	0,89	0,961	1,03	1,109	1,18
codo	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,1	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76

Tabla 4 Equivalencia medidas romanas al sistema métrico.

En el análisis de los datos como indicábamos con anterioridad se observa la distribución por porcentajes en la colocación de los sillares, alternado su forma en piezas aparentemente sin orden, pero tras analizar el resultado si se verifica un orden establecido y una alternancia entre pieza a sogá y tizón, no de una manera matemática como podríamos hablar en aparejos de ladrillo.

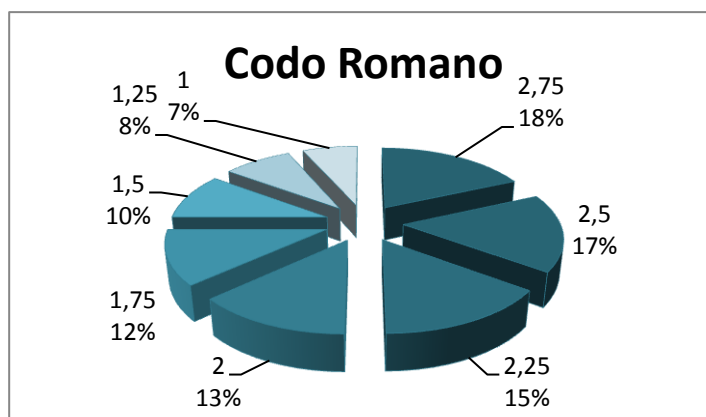


Ilustración 54 Gráfico de medidas de los sillares colocados en codos romanos.

Cuando analizamos los datos obtenidos en **el grueso** de las distintas hiladas, obtenemos mayores referencias de la normalización y la uniformidad de las dimensiones de los sillares esto suponemos que puede estar debido, a que se debía de alcanzar una mayor precisión en el grueso de las hiladas, para



unificar alturas, controlando las mismas mediante elementos de medida topográficos como el gnomon, la lira aquaria o el corbante, teniendo parámetros de tolerancias y de control, estas medidas las tenemos representadas en el gráfico siguiente:

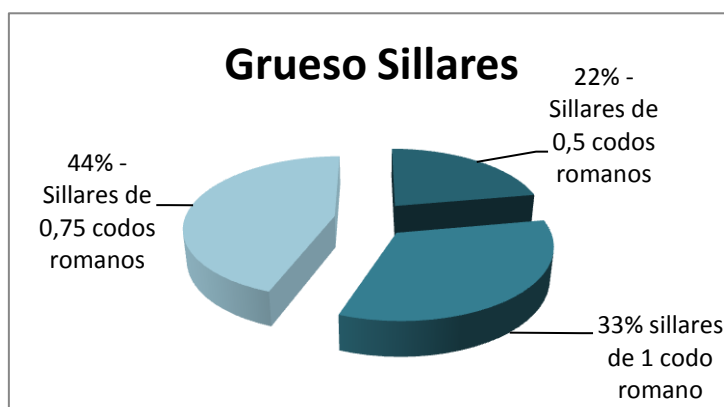


Ilustración 55 Gráfico de medidas de los sillares colocados en codos romanos.

Para el análisis y la obtención del gráfico anterior, unificamos y agrupamos las medidas, ya que tras el paso del tiempo y la forma almohadillada de los sillares es difícil saber con exactitud las medidas, tomamos como referencia de tolerancias las marcadas en las NTE, donde nos indica un ± 2 centímetros, por tanto si tenemos una medida de 0,22 metros, nuestro rango sería de 0,20 a 0,24 metros, teniendo en cuenta que el tallado se realizaba a pie de pilastra y para un tratamiento estadístico el rango lo aumentamos en un ± 4 centímetros, y así unificarlos a las dimensiones romanas.

En este caso utilizamos dimensiones menores del codo como $\frac{1}{2}$ de codo romano y según se indica en la tabla.



	N. romano	pie	codo
	metros	0,2957	0,44
Equivalencia de medida romanas a metros	0,25	0,073925	0,11
	0,5	0,14785	0,22
	0,75	0,221775	0,33
	1	0,2957	0,44
	1,25	0,369625	0,55
	1,5	0,44355	0,66
	1,75	0,517475	0,77
	2	0,5914	0,88
	2,25	0,665325	0,99
	2,5	0,73925	1,1
	2,75	0,813175	1,21
	3	0,8871	1,32
	3,25	0,961025	1,43
	3,5	1,03495	1,54
	3,75	1,108875	1,65
	4	1,1828	1,76

Tabla 5 Equivalencia medidas romanas al sistema métrico.

En el siguiente grafico se ven la homogeneización de las medidas, y el rango de medidas de los sillares, en su colocación distinguiendo los grosores de las distintas hiladas.

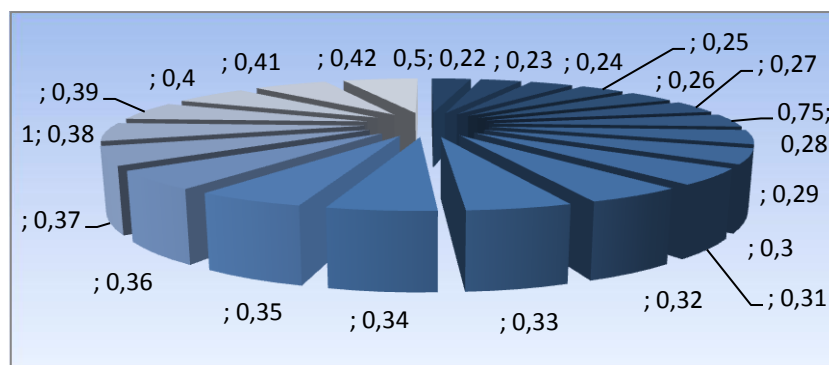


Ilustración 56 Grafico de medidas de los sillares colocados en codos romanos.



Analizamos estos resultados estadísticamente, diferenciando las partes de la basa en tres módulos.



Ilustración 57 Identificación de los niveles para el estudio.

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: Basa nivel 2

Muestra 2: Basa nivel 3

Muestra 3: Basa nivel 4

Muestra 1: 90 valores 0,19 hasta 0,39

Muestra 2: 90 valores 0,23 hasta 0,42

Muestra 3: 89 valores 0,22 hasta 0,47

Este procedimiento compara los datos en 3 columnas del actual fichero de datos. Realiza varios tests estadísticos y gráficos para comparar las muestras. El F-test en la tabla de ANOVA comprobará si hay alguna diferencia significativa entre las medias. Si hay, los Tests de Rangos Múltiples le indicarán las medias que son significativamente diferentes unas de otras. Para la presencia de valores atípicos, elegimos el test Kruskal-Wallis que compara las medianas en lugar de las medias.



Gráfico de Dispersión según Muestra

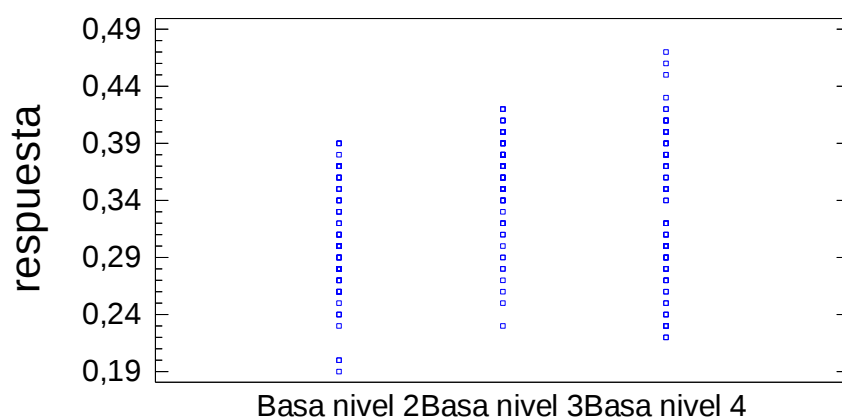


Ilustración 58 Grafico de dispersión.

Medias y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD

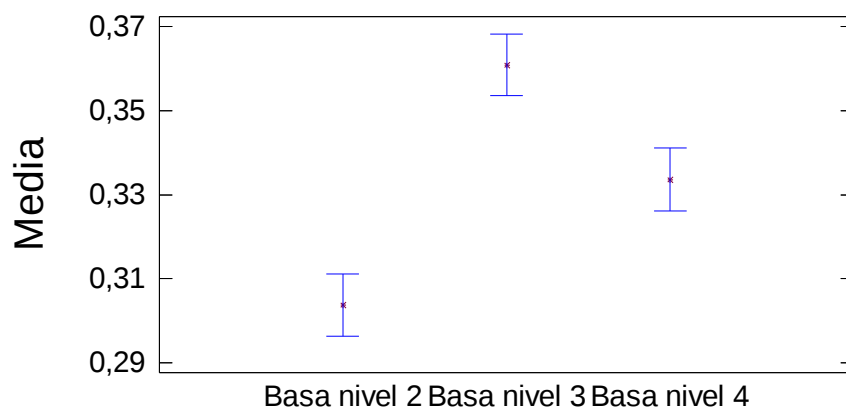


Ilustración 59 Grafico LSD



Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,147451	2	0,0737253	29,08	0,0000
Intra grupos	0,674468	266	0,0025356		
Total (Corr.)	0,821919	268			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. El F-ratio, que en este caso es igual a 29,0761, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un nivel de confianza del 95,0%.

Gráfico de Cajas y Bigotes

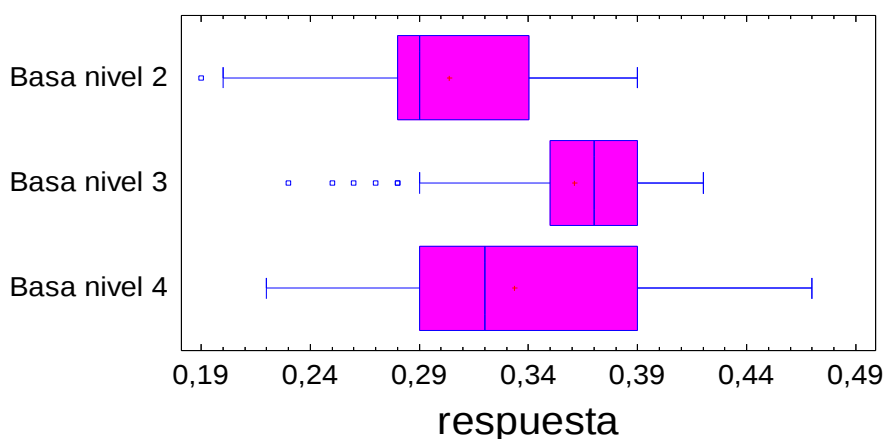


Ilustración 60 Grafico de caja y bigotes.

Contraste Múltiple de Rango

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Frec.	Media	Grupos homogéneos
Basa nivel 2	90	0,303667	X
Basa nivel 4	89	0,333596	X
Basa nivel 3	90	0,360889	X



Contraste	Diferencias	+/- Límites
Basa nivel 2 - Basa nivel 3	*-0,0572222	0,0147796
Basa nivel 2 - Basa nivel 4	*-0,0299288	0,0148211
Basa nivel 3 - Basa nivel 4	*0,0272934	0,0148211

* indica una diferencia significativa.

Observamos que las medidas en los distintos niveles son diferentes, si sigue un patrón por nivel, con alguna salvedad como la observada en el nivel 3 la intermedia que tienen valores atípicos como se observa en el diagrama de caja y bigotes.

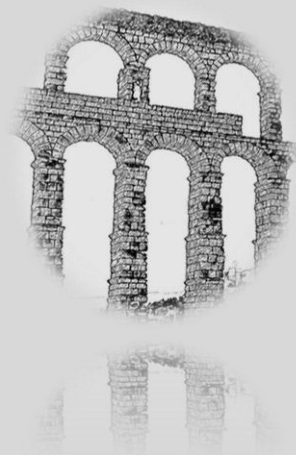
Uno de los datos que observamos es que en los niveles inferiores, la dimensión de las piezas en su grueso son menores, que en la zona superior, pero siguiendo siempre un orden, desconocemos el motivo y podría ser la semilla para nuevas investigaciones el comparar este resultado con otras construcciones romanas, como puentes u otros acueductos, también podría ser consecuencia de posibles deterioros a aplastamientos de las piezas inferiores al tener que soportar más peso, o simplemente el reparto de cargas realizado con piezas de menor espesor.





Capítulo 5

CONCLUSIONES





5 CONCLUSIONES

La conclusión del trabajo es claramente indicar tras la investigación realizada de forma documental y practica, según indicábamos en nuestros objetivos, que durante la historia de la construcción, ha existido siempre un control de calidad, tanto de la ejecución como de los materiales, como se ha descrito en los distintos apartados del trabajo, reflexionando sobre los sistemas de construcción y sus materiales en las distintas épocas de la Antigua Historia, no siendo un procedimiento actual en la construcción, o solo aplicable a la industria.

Podemos concluir que muchas construcciones romanas y como en el caso del acueducto de Segovia, siguen un patrón estandarizado de la fabricación de las piezas, repitiéndose muchas medidas y áreas de los sillares, basados en la medida del pie romano, más que la relación con el codo, en especial en las dimensiones del grueso de las piezas.

Es interesante definir el sistema y el procedimiento de análisis para posteriores trabajos, creando de esta forma un sistema milimétrico de levantamiento, y toma de datos de edificaciones del patrimonio histórico, para como en este caso utilizarlo en la verificación de las medidas que lo componen y poder estudiar la semejanza, o estandarización de las medidas y dimensiones de los sillares aun con el deterioro del paso del tiempo.

Esta grandiosa obra de ingeniería ejemplifica las características de la arquitectura funcional romana, de la que puede destacarse la proporción y armonía del conjunto, resultado de la combinación de estructuras arquitrabadas (herencia del mundo griego), con el arco de medio punto (tomado de los etruscos).

Como resultado del estudio iniciamos un nuevo campo hacia una metodología en el análisis de la arquitectura romana, enfocada a la calidad, combinando técnicas modernas de levantamientos topográficos, para la toma de datos como el escáner 3d, en construcciones milenarias, para definir el grado de control y precisión ya existente en la historia antigua, tratando los datos obtenidos mediante el software específicos como el Refwoks y el On site Photo utilizados en nuestro estudio.



Como en su época Tales de Mileto, verifico la altura de las pirámides del antiguo Egipto gracias al gnomon, en aquella época un adelanto tecnológico solo al alcance del conocimiento de unos pocos.

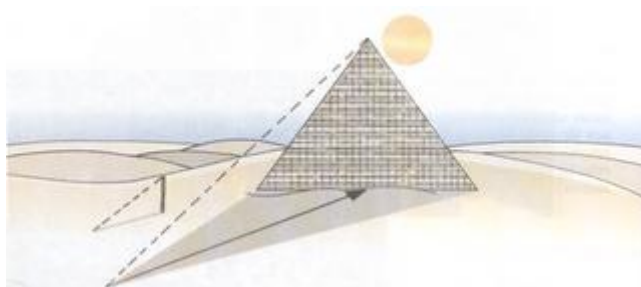


Ilustración 61 Calculo de la altura de la pirámide Keops realizada por Tales de Mileto.

La combinación de las técnicas graficas de representación, junto con el análisis de la dimensión y tolerancia de las piezas, se crea una metodología de análisis para cualquier tipo de edificaciones antiguas, tanto para su levantamiento grafico como para su estudio de los materiales, pudiendo analizar las posibles intervenciones que hayan sufrido.

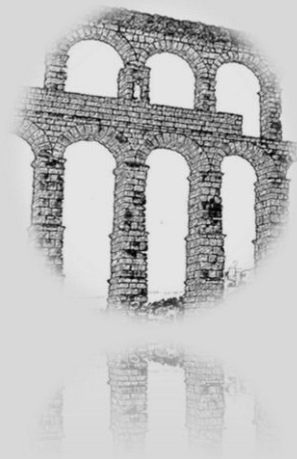
Como indica Carmen Fernandez Ochoa con su equipo de investigación en el Artículo “Materiales Latericio en termas Romanas de Hispania”, los edificios romanos han constituido un capitulo en la investigación peninsular ha prestado escasa atención, prueba de ello la carencia de un corpus temático, así como reuniones científicas referidas a este campo con carácter monográfico.

La realización de este trabajo, ha permitido el envío para publicación en la revista del colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, del artículo titulado: “*Historia del control de calidad en la arquitectura de las Civilizaciones Antiguas*”. Así como la presentación a las ponencias de las Historia de la Arquitectura Española (En Santiago de Compostela organizada por la Asociación de Historiadores de España) y en el VIII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria Retos y oportunidades del desarrollo de los nuevos títulos en educación superior, que tendrán lugar en la Universidad Europea de Madrid en el campus de Villaviciosa de Odón los días 11 y 12 de Julio de 2011.



Capítulo 6

LINEAS DE INVESTIGACIÓN





6 Capítulo

6.1 LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Dentro del amplio abanico de posibilidades destaco las que me han resultado más interesantes comparando con otros estudios o líneas similares.

- Análisis de los Acueductos Romanos en España, al investigar para este trabajo me he topado con acueductos, muchos de ellos escondidos y sin ningún tipo de estudios o análisis realizados, como los Gatova y Olocau en la provincia de Segovia, para ponerlos como ejemplo del olvido histórico.



Ilustración 62 Acueducto de Gatova, Valencia.





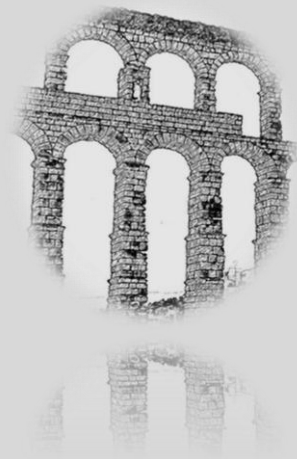
Ilustración 63 Acueducto de Olocau, Valencia.

- Estudios mediante orto alizados de edificaciones romanas.
- Análisis de intervenciones en Edificios Históricos de Patrimonio Nacional.
- Mejoras en el Software, para análisis de dimensiones en materiales de construcción de épocas antiguas.
- Análisis de cambios de materiales mediante cámaras termo-gráficas combinados con métodos de representación grafica.
- Estudio de la Calidad y Normalización en puentes Romanos.
- La arqueología y la Calidad, normalización de procedimientos de trabajo.



Capítulo 7

APORTACIONES





7 Capítulo

7.1 APORTACIONES

La realización de este trabajo, ha permitido el envío para publicación en la revista del colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, del artículo titulado: *“Historia del control de calidad en la arquitectura de las Civilizaciones Antiguas”*.

Así como la presentación a las ponencias de las Historia de la Arquitectura Española (En Santiago de Compostela organizada por la Asociación de Historiadores de España) y en el VIII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria Retos y oportunidades del desarrollo de los nuevos títulos en educación superior, que tendrán lugar en la Universidad Europea de Madrid en el campus de Villaviciosa de Odón los días 11 y 12 de Julio de 2011.

Trabajos de Calidad dentro de la Empresa SGS, S.A. relacionados con la calidad durante más de 15 años.

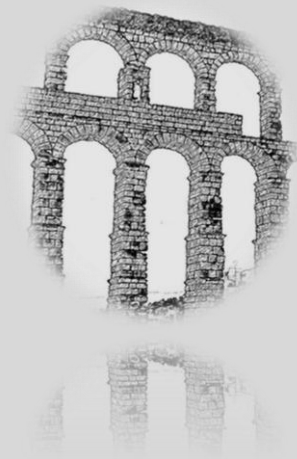
Profesor Universitario de la Asignatura de Control de Calidad en Arquitectura Técnica, de la Universidad Europea de Madrid.





Capítulo 8

GLOSARIO





8 Glosario de Términos

En este capítulo se definen los términos relacionados con palabras latinas y neologismos relacionados con nuevas tecnologías así como vocablos que tienen un significado específico:

Almohadillado	El almohadillado es un tipo de acabado exterior de los paramentos de piedra con sillares, que consiste en una forma de labrar en relieve la cara vista de la piedra rehundiendo las juntas.
Arquitrabada	El arquitrabe es la parte inferior del entablamento en la arquitectura clásica. Su función estructural es servir de dintel, para transmitir el peso de la cubierta a las columnas.
AutoCad	Autodesk AutoCAD es un programa de diseño asistido por ordenador (CAD "Computer Aided Design"; en inglés, Diseño Asistido por Computadora) para dibujo en 2D y 3D.
Castellum aquae	Depósito o reserva de agua.
Cavea	Cada una de ciertas galerías concéntricas del teatro romano.
Cuadriga	La cuadriga, en tiempos del Imperio romano, era un tipo de carro tirado por cuatro caballos en línea. El vehículo fue utilizado por los generales cuando entraban triunfalmente en las ciudades.
Cuneiforme	La escritura cuneiforme está aceptada comúnmente como la forma más temprana conocida de expresión escrita de la que se han encontrado restos arqueológicos.
Curator aquarum	En la antigua Roma era el director de los suministros de agua, elegido directamente por el emperador.
Curator viarum	Director de Ejecución de Calzadas Romanas.



Escriba	El escriba era el copista, o amanuense de la Antigüedad. En la civilización del Antiguo Egipto, era un personaje fundamental, pues eran cultos, expertos en escritura jeroglífica, y conocían los secretos del cálculo, siendo los únicos capaces de evaluar los impuestos.
Estela	Estela es la denominación de un monumento conmemorativo, con forma de lápida, pedestal o cipo, que se erige sobre el suelo.
Fotogrametría	La fotogrametría es una técnica para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales de seres vivos a partir de imágenes fotográficas.
Homo quadratus	Utilizado habitualmente en el contexto de las artes, ingeniería, arquitectura y otras disciplinas creativas, diseño se define como el proceso previo de configuración mental, "pre-figuración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo.
Nubes de puntos	Conjunto de puntos cuyas coordenadas espaciales XYZ son conocidas, obtenidas mediante procesos de tomas de datos masivos.
On site Photo	Software de fotogrametría digital, aplicable a la rectificación de imágenes fotográficas, y el diseño y medición en proyectos de rehabilitación y reforma, mantenimiento y gestión de inmuebles. Mediante este nuevo procedimiento, registrado a nivel mundial, se puede dibujar vectorialmente y tomar medidas reales directamente sobre fotografías digitales (fotogrametría), o transformarlas en imágenes planas a escala, sobre las que trabajar en proyectos de rehabilitación y reforma, con cualquier sistema de CAD.
Opus quadratum	Tipo de construcción romana similar a la del opus vitatum pero en el que se utilizan sillares de piedra. Normalmente se utilizaba para dar un aire monumental al edificio en que se utilizaba.



Opus signinum	Es un material de construcción, usado ocasionalmente en la antigua Roma. Está hecho de tejas rotas en pedazos muy pequeños, mezclados con mortero y luego golpeados con un pisón. Plinio, en su Historia Natural describe su fabricación: La cerámica rota no se ha utilizado, sino que se constató al igual que el polvo y templado con cal, se hace más sólido y duradero que otras sustancias de naturaleza similar, está formado por el cemento y es conocido como la composición "Signine", tan ampliamente empleado, incluso para hacer las aceras de las casas.
Ortoalzado	Es como un escáner o una fotocopia pero en tres dimensiones se puede realizar cortes virtuales por tantos lugares como necesitemos.
Patesi	Patesi o ensi fue el título que se les atribuía a los gobernantes de las antiguas Ciudades-Estado Sumerias.
Planimetria	La planimetría es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana (plano geometría).
Praefectus fabri	Jefe de Obra en la Epoca Romana.
Sillar	Un sillar es una piedra labrada por varias de sus caras, generalmente en forma de paralelepípedo, y que forma parte de las obras de sillería.
Turris aquae	Filtro de Arena.
Uvacad	(Utilidad de Visualización Avanzada Con Automatización del Dibujo) es un programa desarrollado a raíz del proyecto MAPA (Modelos y Algoritmos para el Patrimonio Arquitectónico) por el grupo de investigación DAVAP (Digitalización, Analisis y Visualización Avanzada del Patrimonio) y el LFA (Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica) pertenecientes a la Universidad de Valladolid.





INDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES





9 INDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES.

ILUSTRACIÓN 1: GESTOR DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
ILUSTRACIÓN 2 EMPERADOR ROMANO MARCO COCEYO NERVA	4
ILUSTRACIÓN 3: EMPERADOR ROMANO VESPANO.....	4
ILUSTRACIÓN 4 FOTOGRAMETRÍA TRIDIMENSIONAL, FIGURA 8 PAG 17 REVISTA OP- INGENIERÍA Y TERRITORIO	21
ILUSTRACIÓN 5 CIRCULO DE CALIDAD	32
ILUSTRACIÓN 6 GRAFICA CAUSAS COMO ORIGEN DE PATOLOGÍAS, DATOS DE AIC	35
ILUSTRACIÓN 7 GRAFICA PATOLOGÍA EN UNIDADES DE OBRA, DATOS DE AIC.....	36
ILUSTRACIÓN 8 MAPA DE CULTURAS ANTIGUAS DEL MEDITERRÁNEO	48
ILUSTRACIÓN 9 PUEBLOS DE MESOPOTAMIA.....	49
ILUSTRACIÓN 10 REY GUDEA FIGURA ENCONTRADA EN LAGASH.....	54
ILUSTRACIÓN 11 BAJORRELIEVE SUMERO, DONDE SE OBSERVA UNA VARA DE MEDIR Y UNA CUERDA DE MEDIDA HTTP://WWW.PROYECTOPV.ORG/2-VERDAD/CIVILIZACIONREPTINA5.HTM	55
ILUSTRACIÓN 12 BAJORRELIEVE SUMERO, DONDE SE OBSERVA LOS PLANOS DE UN TEMPLO.....	56
ILUSTRACIÓN 13 BAJORRELIEVE SUMERO, SE CONTEMPLA CUENTAS PARA EL CONTROL DEL GRANO...58	
ILUSTRACIÓN 14 TRABAJO DE LOS ESCULTORES (TUMBA DE REJMIRE)	62
ILUSTRACIÓN 15 MEDIDAS DE LONGITUD (EL CODO REAL).	62
ILUSTRACIÓN 16 ACRÓPOLIS DE ATENAS DISTRIBUCIÓN ALEATORIA DE EDIFICIOS.	63
ILUSTRACIÓN 17 EL DORÍFORO, SIGLO V A.C. MUSEO NACIONAL, NÁPOLES).....	65
ILUSTRACIÓN 18 (G. REALE: POR UNA NUEVA INTERPRETACIÓN DE PLATÓN, P. 312)	65
ILUSTRACIÓN 19 TRIANGULACIÓN MATEMÁTICA PARA REPLANTEO	66
ILUSTRACIÓN 20 GRANDES CIVILIZACIONES DEL PASADO. GRECIA ANTIGUA. FURIO DURANDO. EDICIONES FOLIO, 2.005)	66
ILUSTRACIÓN 21 EDICIÓN VENECIANA DE IOANNIS DE TRIDINO, ALIAS TACUINO, 1511.	68
ILUSTRACIÓN 22 FIG 3.REPRESENTA EL CUERPO HUMANO DENTRO DE UN CÍRCULO. SEGÚN DICE VITRUBIO EN EL LIB. I, NUM. 2, PAGO S9.FIG 4.REPRESENTA EL CUERPO HUMANO DENTRO DE UN CUADRADO, SEGÚN VITRUBIO EN DICHO LUGAR.	71
ILUSTRACIÓN 23 COROBATES DE VITRUBIO EN DICHO CAP. 6,	72
ILUSTRACIÓN 24 DISTINTAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES ROMANAS -EN PROVINCIAS- DE LA PENÍNSULA. HTTP://WWW.SPANISHARTS.COM/ARQUITECTURA/ROMA.HTML	73
ILUSTRACIÓN 25 DISTINTAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES ROMANAS -EN PROVINCIAS- DE LA PENÍNSULA. HTTP://WWW.SPANISHARTS.COM/ARQUITECTURA/ROMA.HTML	82
ILUSTRACIÓN 26 TOMADA DE: HTTP://WWW.SPANISHARTS.COM/ARQUITECTURA/IMAGENES/ROMA/SEGOVIA_ACUEDUCTO_PLANO.HTML (26 DE ABRIL DE 2011)	83
ILUSTRACIÓN 27 NACIMIENTO DE UN ACUEDUCTO ROMANO (ANTONIO SALCEDO / M ^a TERESA RAMOS)	86
ILUSTRACIÓN 28 FOTOGRAFÍA DEL EMPLAZAMIENTO DEL ESCÁNER 3D.	87
ILUSTRACIÓN 29 FOTOGRAFÍA ESCÁNER 3D.	88
ILUSTRACIÓN 30 FOTOGRAFÍA ARCOS DEL ACUEDUCTO DE SEGOVIA ZONA 4.....	88



ILUSTRACIÓN 31 FOTOGRAFÍA DEL EMPLAZAMIENTO DEL ESCÁNER 3D.....	89
ILUSTRACIÓN 32 FOTOGRAFÍA TOMA DE PUNTOS DEL ESCÁNER 3D.....	89
ILUSTRACIÓN 33 FOTOGRAFÍA MANDO DEL ESCÁNER 3D.	90
ILUSTRACIÓN 34 FOTOGRAFÍA DEL SEGUNDO EMPLAZAMIENTO DEL ESCÁNER 3D.	90
ILUSTRACIÓN 35 FOTOGRAFÍA DEL SEGUNDO EMPLAZAMIENTO DEL ESCÁNER 3D, PATRÓN DE REFERENCIA.	91
ILUSTRACIÓN 36 FOTOGRAFÍA DEL SEGUNDO EMPLAZAMIENTO DEL ESCÁNER 3D, PATRÓN DE REFERENCIA.	91
ILUSTRACIÓN 37 FOTOGRAFÍA SILLARES DEL ACUEDUCTO DE SEGOVIA.....	92
ILUSTRACIÓN 38 TOMADA DE LA NTE- EFP PUBLICADA EN EL BOE Nº 122 DE 21 DE MAYO DE 1980..	93
ILUSTRACIÓN 39 ZONA DE TOMA DE DATOS, 4 ARCADAS PRINCIPALES.....	94
ILUSTRACIÓN 40 FOTOGRAFÍA DE ALUMNOS REALIZANDO LA TOMA DE DATOS.	95
ILUSTRACIÓN 41 FOTOGRAFÍA DEL TRABAJO MEDIANTE EL ESCÁNER 3D DE TRIMBLE.....	96
ILUSTRACIÓN 42 , FICHA TÉCNICA DE TRIMBLE 3D GX.	97
ILUSTRACIÓN 43 FICHA TÉCNICA DE TRIMBLE 3D GX	98
ILUSTRACIÓN 44 REALWORKS, FICHA TECNICA.	99
ILUSTRACIÓN 45 TOMA DE MEDIDAS EN EL ORTO ALZADO MEDIANTE EL ESCÁNER 3D DE TRIMBLE.	101
ILUSTRACIÓN 46 TOMA DE MEDIDAS EN EL ORTO ALZADO MEDIANTE EL ESCÁNER 3D DE TRIMBLE.	102
ILUSTRACIÓN 47 TOMA DE MEDIDAS EN EL ORTO ALZADO MEDIANTE EL ESCÁNER 3D DE TRIMBLE.	102
ILUSTRACIÓN 48 ANÁLISIS DE LOS DOTAS MEDIANTE LA FOTOGRAMETRÍA.	103
ILUSTRACIÓN 49 PUNTOS DE DATOS EXPORTADOS A AUTOCAD PARA SU ANÁLISIS DIMENSIONAL.....	104
ILUSTRACIÓN 50 FOTOGRAFÍA PROPIA, APAREJO DEL ACUEDUCTO A SOGA Y TIZÓN.....	109
ILUSTRACIÓN 51 GRAFICA DE MEDIDAS DE ÁREAS DE LOS SILLARES.	110
ILUSTRACIÓN 52 HISTOGRAMA PODEMOS ASEMEJAR EL DATO A UNA NORMAL.	112
ILUSTRACIÓN 53 HISTOGRAMA PODEMOS ASEMEJAR EL DATO A UNA NORMAL.	112
ILUSTRACIÓN 54 GRAFICO DE MEDIDAS DE LOS SILLARES COLOCADOS EN CODOS ROMANOS.	113
ILUSTRACIÓN 55 GRAFICO DE MEDIDAS DE LOS SILLARES COLOCADOS EN CODOS ROMANOS.	114
ILUSTRACIÓN 56 GRAFICO DE MEDIDAS DE LOS SILLARES COLOCADOS EN CODOS ROMANOS.	115
ILUSTRACIÓN 57 IDENTIFICACIÓN DE LOS NIVELES PARA EL ESTUDIO.	116
ILUSTRACIÓN 58 GRAFICO DE DISPERSIÓN.	117
ILUSTRACIÓN 59 GRAFICO LSD	117
ILUSTRACIÓN 60 GRAFICO DE CAJA Y BIGOTES.....	118
ILUSTRACIÓN 61 CALCULO DE LA ALTURA DE LA PIRÁMIDE KEOPS REALIZADA POR TALES DE MILETO.	124
ILUSTRACIÓN 62 ACUEDUCTO DE GATOVA, VALENCIA.....	127
ILUSTRACIÓN 63 ACUEDUCTO DE OLOCAU, VALENCIA.....	128



BIBLIOGRAFÍA





Bibliografía

- 1) El Acueducto de Segovia. Madrid: Fundación Caja Madrid; 2002.
- (2) 100 Tesis Doctorales, Madrid: Fundación Universitaria San Pablo-CEU; 2001.
- (3) Academia Española, Real. Diccionario de la lengua española [...]. S.I.; 1947.
- (4) El Seguro de Garantía Decenal en Europa.
- (5) Control de Calidad en Obras de Construcción Available at: <http://www.canalconstruccion.com/control-calidad-obras-construccion.html>. Accessed 5/27/2011, 2011.
- (6) INDICE REVISTAS OP PUBLICADAS Available at: http://www.ciccp.es/webantigua/Revista_OP/indice.htm. Accessed 5/27/2011, 2011.
- (7) TOPOGRAFÍA ROMANA Available at: <http://www.traianvs.net/topo01/index.php>. Accessed 5/30/2011, 2011.
- (8) ARQUITECTURA ROMANA EN HISPANIA Available at: <http://www.spanisharts.com/arquitectura/roma.html>. Accessed 5/30/2011, 2011.
- (9) TOPOGRAFÍA ROMANA Available at: <http://www.traianvs.net/topo01/index.php>. Accessed 6/2/2011, 2011.
- (10) Una civilización repentina V. Available at: <http://www.proyectopv.org/2-verdad/civilizacionrepentina5.htm>. Accessed 6/2/2011, 2011.
- (11) Una civilización repentina V. Available at: <http://www.proyectopv.org/2-verdad/civilizacionrepentina5.htm>. Accessed 6/2/2011, 2011.
- (12) Abejaro Pastor CI, García Ballester LV, Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación. El seguro decenal. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2003.
- (13) Adam J. La construction romaine: materiaux et techniques. 12th ed. Paris: Picard; 1989.
- (14) Adam J, Colinas Carbajo C. La construcción romana: materiales y técnicas. 1a ed. León: Editorial de los Oficios; 1996.
- (15) Alfaro Navarro JL, Alfaro Cortés E, Mondéjar Jiménez J, Vargas Vargas M. Control estadístico de la calidad: una breve reseña histórica. Documentos de Trabajo (Universidad de Castilla La Mancha.Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales) 2004;2(1).



- (16) Almagro Gorbea A, Caballero Zoreda L. Bimilenario del Acueducto: exposición conmemorativa : Segovia, 1974. S.L.: Direccion General de Bellas Artes; 1974.
- (17) Barreiro Martínez D. Conocimiento y acción en la arqueología aplicada = Knowledge and action in applied archeology. 2006.
- (18) Bendala Galán M, Rico C, Roldán Gómez L. El ladrillo y sus derivados en la época romana. Madrid: Universidad Autonoma : Casa de Velázquez; 1999.
- (19) Caballero Zoreda L. Alconétar en la Vía Romana de La Plata, Garrovillas (Cáceres): memoria. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, Comisaría General de Excavaciones Arqueológicas; 1970.
- (20) Caballero Zoreda L. Arqueología madrileña, romana, medieval y moderna : su estado actual y problemas que plantea.
- (21) Caballero Zoreda L, Escribano Velasco C, Castilla y León. Consejería de Educación y Cultura. Arqueología de la arquitectura : el método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención en edificios históricos : actas. Valladolid: Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura; 1996.
- (22) Caballero Zoreda L, Mateos P(, Utrero Agudo,María de los Ángeles, Instituto de Arqueología de Mérida, Consejo Superior de Investigaciones Científicas . Instituto de historia. El siglo VII frente al siglo VII: arquitectura : (Visigodos y Omeyas, 4, Mérida 2006). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Arqueología de Mérida : Instituto de Historia; 2009.
- (23) Carrasco Corraliza C, Jiménez Barco A, Universidad de Extremadura. Escuela Politécnica. Departamento de Física, Universidad de Extremadura. Estudio de los sillares del Templo de Diana(Mérida) mediante ultrosonidos. Cáceres: Escuela Politécnica; 2005.
- (24) Contreras López de Ayala D. Acueducto de Segovia. Madrid: Mc; 2007.
- (25) Contreras López de Ayala D, Universidad Internacional SEK. El Acueducto de Segovia. Santiago de Chile: Universidad Internacional SEK; 2005.
- (26) Contreras y López de Ayala,Dominica. El acueducto de Segovia : estado de la cuestión. Peñolén Chile: Universidad Internacional San Estanislao de Koska, Facultad de Estudios del Patrimonio Cultural; 1995.
- (27) Copeiro del Villar Jiménez E, Universidad de Alicante. Escuela Politécnica Superior. Levantamiento 3D mediante fotogrametría digital de los yacimientos arqueológicos Villa Romana del Albir y Pecio Medieval de los Sillares, diseño de la metodología mediante el software Photomodeler[. Alicante: S.N.; 2009.



- (28) Crosby PB. Hablemos de calidad 96 preguntas que siempre deseó usted plantear a Phil Crosby. México ; Madrid etc.: McGraw-Hill; 1990.
- (29) Damiano Appia M. Viaje a las grandes civilizaciones del pasado. Egipto y Nubia. Barcelona: Folio; 1997.
- (30) Deming RH, ebrary I. 1907-1927[. London ; New York: Routledge; 1970.
- (31) Domínguez Jimeno MR, Pampillón González C, Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia. Obra Social y Cultural. Tras la huella del Acueducto : desde la sierra a Segovia. Segovia: Caja Segovia, Obra Social y Cultural; 2001.
- (32) Durando F. Italia antigua : viaje hacia el descubrimiento de las obras maestras del arte y de los principales yacimientos arqueológicos. Barcelona: Folio; 2005.
- (33) Eco U. Cómo he hace una tesis : técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura. Barcelona: Gedisa; 1994.
- (34) Eco U. Cómo se hace un tesis: técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura. Barcelona: Gedisa; 1994.
- (35) Escribano Velasco C, Caballero Zoreda L. Arqueología de la arquitectura: el método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención en edificios históricos : actas : Burgos, 1996. Salamanca: Junta de Castilla y León; 1996.
- (36) España. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Norma NTE-EFP1980. Estructuras. Fábrica de piedra. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo; 1980.
- (37) Fernández Casado C, Instituto de la Construcción y del Cemento "Eduardo Torroja". Acueducto de Segovia. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento; 1968.
- (38) Forbes RJ. Bitumen and petroleum in antiquity. Leiden: E. J. Brill; 1936.
- (39) Forbes RJ. Bitumen and petroleum in antiquity. Leiden: E. J. Brill; 1936.
- (40) Francisco Jurado Jiménez. El Acueducto Romano de Segovia. OP Ingeniería y Territorio 2001(nº 57):14-23.
- (41) García Gutiérrez AL. Normalización general y documental : concepto, historia e instituciones. ; 1985.
- (42) García Melero JE, Fundación Histórica Tavera. Tratados de arquitectura, urbanismo e ingeniería. Madrid: Fundación Histórica Tavera : Digibis; 2000.



- (43) Godel R, Campillo J, Aunós E. Ciudades y universos de Platón. Madrid: Ediciones y Publicaciones; 1956.
- (44) Gómez de Somorrostro A. El acueducto y otras antigüedades de Segovia. 2a ed. Segovia: Imprenta de D. Pedro Ondero; 1861.
- (45) Gómez Santos A. El Acueducto de Segovia y curiosidades histórico-artísticas de la ciudad. Segovia: S.N.; 1983.
- (46) González Cortina M, de Villanueva Dominguez L, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Recuperación de morteros romanos de cal y chamota en aplicaciones actuales. ; 2000.
- (47) González Cortina M, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Materiales de construcción. Madrid: UPM, E. U. de Arquitectura Técnica; 2005.
- (48) Hermann W. The arch of septimius in the roman forum. München: C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung; 1969.
- (49) Heródoto. Los nueve libros de la historia de Herodoto de Halicarnaso ; traducidos por Bartolomé Pou. Madrid: Librería y Casa Editorial Hernando; 1926.
- (50) Juran JM, (, Sust M, Batlle J, Instituto de Economía de la Empresa. (. Manual de control de la calidad: principios y prácticas de probada eficacia para conseguir con éxito, en la fabricación, la mejor calidad al menor coste. Barcelona etc.: Reverté; 1955.
- (51) La Ferté R. 100 Jeux Et Problèmes. : Librairie Générale Française; 1970.
- (52) Lloyd S, Müller HW, Martin R. Architettura mediterranea preromana. Italy: Electra; 19uu.
- (53) Lloyd S, Müller HW, Martin R. Architecture de l'antiquité: Proche et Moyen Orient, Egypte, Crète et Grèce. Paris: Berger-Levrault; 1980.
- (54) Lloyd S, Müller HW, Martin R(, Nervi PL(. Arquitectura mediterránea prerromana. Madrid: Aguilar; 1975.
- (55) Mancera Taboada J, Universidad de Salamanca . Escuela Politécnica Superior. Documentación y reconstrucción de un tramo del Acueducto de Segovia mediante el escáner láser 3D[. 2007.
- (56) Marín Sánchez R, Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Construcciones Arquitectónicas. La construcción en época romana. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 1998.



- (57) Martin R. *Architectura Greca*. Milano: Electa; 1980.
- (58) Martin R, Escolar Bareño L. *Arquitectura griega*. Madrid: Aguilar/Asuri; 1989.
- (59) Mas-Guindal Lafarga AJ, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. *Los métodos informáticos en el diagnóstico de edificios antiguos: el Acueducto de Segovia*. Madrid: Ministerio de Cultura; 1992.
- (60) Museo Arqueológico Nacional (España), Caballero Zoreda L. *Arcóbriga II : las cerámicas romanas*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico; 1992.
- (61) Pérez Rubio B, Jiménez Victory N, Staller Vázquez A, Díez Galilea A, Sarti Fernández F. *Topografía y fotogrametría aplicada a la arqueología. Obtención de un modelo virtual de la Basílica de la Recópolis*. Madrid: Bartolomé Pérez Rubio; 2000.
- (62) Presa Santos JL. La desmitificación del control de calidad en las obras. *Revista de obras públicas* 1994;141(3330):27-31.
- (63) Puertas Pérez F. La calidad en la construcción. La calidad en los clientes y usuarios. La calidad total. *Revista de obras públicas* 1995;142(3348):11-17.
- (64) Quirke S, Imhausen A, Ritter J, Collier M. *UCL Lahun Papyri : religious, literary, legal, mathematical and medical*. Oxford: Archaeopress; 2004.
- (65) Reale G. *Por una nueva interpretación de Platón*. Barcelona: Herder; 2003.
- (66) Rico C, Bendala Galán M, Roldán Gómez L, Universidad Autónoma de Madrid. *El ladrillo y sus derivados en la época romana: [actas de la Mesa Redonda "El ladrillo y sus derivados en la época romana. Producción, utilización y difusión en las provincias occidentales (Hispania, Galia e Italia)", celebrada en Madrid, los días 5 y 6 de junio de 1995]*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid etc.; 1999.
- (67) Robinson A. *Metrum : la historia de las medidas*. Barcelona: Paidós Ibérica; 2007.
- (68) Roth LM, Montaner JM, Sáenz de Valicourt C. *Entender la arquitectura : sus elementos, historia y significado*. 1 , 5 tirada ed. Barcelona: Gustavo Gili; 2007.
- (69) Ruskin J. *Las piedras de Venecia : Guía estética de Venecia y Verona*. Madrid: la España moderna; 1920; 1925.
- (70) Salcedo Miliani A, Ramos MT. *Nacimiento de un acueducto romano*. Barcelona: Timun MascD.L. 1993; 1993.



(71) Universidade do Porto. Departamento de Engenharia Civil. 3 Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios = 3 Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios : actas : Porto, 18-20 de marzo, 2009. Porto: Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil; 2009.

(72) Utrero Agudo, María de los Ángeles. Iglesias tardoantiguas y altomedievales en la península ibérica: análisis arqueológico y sistemas de abovedamiento. Madrid: CSIC. Instituto de Historia; 2006.

(73) Walton N. The deming management method. New York: Perigee Books; 1986.

(74) Yepes Morcillo R, Universidad de Alicante. Escuela Politécnica Superior. Analisis constructivo del tratado de Vitruvio. Alicante: S.N.; 2001.



ANEXOS

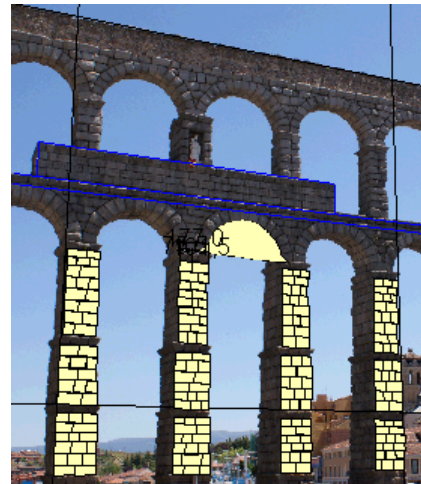
TABLAS DE DATOS





ANEXOS TABLAS DE DATOS

Image: DSC04177.JPG
Size: 2160 * 2500 Pixels
Date: 15/05/2011
Time: 9:19:56
Precision: 1,0 cm
Path: C:\Users\Daniel ... e campo
Calibration: 184,0 cm * 287,0 cm



Lengths-Circumferences-Areas

Element	Element type	Length m	on off	Circumference m	Area m ²	Weighting +/- %	Area m ²
Calibration (x)	Line	1,84					
Calibration (y)	Line	2,87					
Rectangle13	Rectangle		√	0,75	0	100	0
Rectangle14	Rectangle		√	3,34	0,48	100	0,48
Rectangle15	Rectangle		√	2,43	0,32	100	0,32
Rectangle16	Rectangle		√	1,96	0,23	100	0,23
Rectangle17	Rectangle		√	2,09	0,26	100	0,26
Rectangle18	Rectangle		√	2,56	0,36	100	0,36
Rectangle19	Rectangle		√	2,82	0,39	100	0,39
Rectangle20	Rectangle		√	2,66	0,35	100	0,35
Rectangle21	Rectangle		√	1,83	0,2	100	0,2
Rectangle22	Rectangle		√	2,48	0,31	100	0,31
Rectangle23	Rectangle		√	1,9	0,21	100	0,21
Rectangle24	Rectangle		√	2,75	0,37	100	0,37
Rectangle25	Rectangle		√	2,73	0,35	100	0,35
Rectangle34	Rectangle		√	2,3	0,29	100	0,29
Rectangle36	Rectangle		√	2,8	0,38	100	0,38
Rectangle37	Rectangle		√	1,93	0,2	100	0,2
Rectangle38	Rectangle		√	2,88	0,35	100	0,35
Rectangle39	Rectangle		√	2,04	0,22	100	0,22
Rectangle40	Rectangle		√	2,46	0,27	100	0,27
Rectangle41	Rectangle		√	2,29	0,24	100	0,24
Rectangle42	Rectangle		√	2,47	0,26	100	0,26



Rectangle44	Rectangle		√	2,39	0,27	100	0,27
Rectangle45	Rectangle		√	1,46	0,13	100	0,13
Rectangle46	Rectangle		√	1,72	0,17	100	0,17
Rectangle47	Rectangle		√	2,33	0,23	100	0,23
Rectangle48	Rectangle		√	2,21	0,23	100	0,23
Rectangle49	Rectangle		√	3,17	0,41	100	0,41
Rectangle50	Rectangle		√	1,56	0,14	100	0,14
Rectangle51	Rectangle		√	1,99	0,2	100	0,2
Rectangle52	Rectangle		√	2,6	0,29	100	0,29
Rectangle53	Rectangle		√	1,86	0,21	100	0,21
Rectangle54	Rectangle		√	1,96	0,23	100	0,23
Rectangle55	Rectangle		√	1,99	0,24	100	0,24
Rectangle56	Rectangle		√	2,62	0,28	100	0,28
Rectangle57	Rectangle		√	2,69	0,27	100	0,27
Rectangle58	Rectangle		√	2,14	0,26	100	0,26
Rectangle59	Rectangle		√	2,2	0,28	100	0,28
Rectangle60	Rectangle		√	2,3	0,3	100	0,3
Rectangle61	Rectangle		√	3,13	0,45	100	0,45
Rectangle62	Rectangle		√	2,69	0,37	100	0,37
Rectangle63	Rectangle		√	2,42	0,28	100	0,28
Rectangle64	Rectangle		√	2,99	0,35	100	0,35
Rectangle65	Rectangle		√	2,1	0,21	100	0,21
Rectangle66	Rectangle		√	1,71	0,16	100	0,16
Rectangle67	Rectangle		√	2,11	0,22	100	0,22
Rectangle68	Rectangle		√	2,56	0,29	100	0,29
Rectangle69	Rectangle		√	1,88	0,2	100	0,2
Rectangle70	Rectangle		√	1,59	0,15	100	0,15
Rectangle71	Rectangle		√	1,71	0,14	100	0,14
Rectangle72	Rectangle		√	1,59	0,13	100	0,13
Rectangle73	Rectangle		√	2,24	0,2	100	0,2
Rectangle74	Rectangle		√	3,4	0,44	100	0,44
Rectangle75	Rectangle		√	2,13	0,23	100	0,23
Rectangle76	Rectangle		√	1,64	0,16	100	0,16
Rectangle77	Rectangle		√	1,69	0,16	100	0,16
Rectangle78	Rectangle		√	2,73	0,32	100	0,32
Rectangle79	Rectangle		√	2,15	0,26	100	0,26
Rectangle80	Rectangle		√	2,3	0,29	100	0,29
Rectangle81	Rectangle		√	2,01	0,23	100	0,23
Rectangle82	Rectangle		√	1,78	0,19	100	0,19
Rectangle83	Rectangle		√	3,1	0,44	100	0,44
Rectangle84	Rectangle		√	1,66	0,17	100	0,17
Rectangle85	Rectangle		√	1,85	0,18	100	0,18
Rectangle86	Rectangle		√	2,41	0,26	100	0,26



Rectangle87	Rectangle		√	1,81	0,18	100	0,18
Rectangle88	Rectangle		√	1,9	0,19	100	0,19
Rectangle89	Rectangle		√	1,99	0,2	100	0,2
Rectangle90	Rectangle		√	2,26	0,24	100	0,24
Rectangle91	Rectangle		√	2,4	0,28	100	0,28
Rectangle92	Rectangle		√	3,26	0,42	100	0,42
Rectangle93	Rectangle		√	1,92	0,19	100	0,19
Rectangle94	Rectangle		√	1,74	0,16	100	0,16
Rectangle95	Rectangle		√	2,39	0,25	100	0,25
Rectangle96	Rectangle		√	2,45	0,32	100	0,32
Rectangle97	Rectangle		√	2,44	0,31	100	0,31
Rectangle98	Rectangle		√	1,67	0,17	100	0,17
Rectangle99	Rectangle		√	2,2	0,28	100	0,28
Rectangle100	Rectangle		√	2,35	0,31	100	0,31
Rectangle101	Rectangle		√	2,26	0,29	100	0,29
Rectangle102	Rectangle		√	2,76	0,31	100	0,31
Rectangle103	Rectangle		√	2,83	0,32	100	0,32
Rectangle105	Rectangle		√	2,65	0,28	100	0,28
Rectangle106	Rectangle		√	2,05	0,2	100	0,2
Rectangle107	Rectangle		√	1,67	0,16	100	0,16
Rectangle108	Rectangle		√	2,08	0,21	100	0,21
Rectangle109	Rectangle		√	1,56	0,14	100	0,14
Rectangle110	Rectangle		√	2,28	0,29	100	0,29
Rectangle111	Rectangle		√	2,9	0,41	100	0,41
Rectangle112	Rectangle		√	1,91	0,22	100	0,22
Rectangle113	Rectangle		√	2,18	0,27	100	0,27
Rectangle114	Rectangle		√	1,87	0,21	100	0,21
Rectangle115	Rectangle		√	3,03	0,43	100	0,43
Rectangle116	Rectangle		√	2,19	0,27	100	0,27
Rectangle117	Rectangle		√	2,29	0,3	100	0,3
Rectangle118	Rectangle		√	3,01	0,45	100	0,45
Rectangle119	Rectangle		√	2,74	0,39	100	0,39
Rectangle120	Rectangle		√	2,46	0,33	100	0,33
Rectangle121	Rectangle		√	1,9	0,21	100	0,21
Rectangle122	Rectangle		√	3,17	0,45	100	0,45
Rectangle123	Rectangle		√	1,83	0,16	100	0,16
Rectangle124	Rectangle		√	1,46	0,12	100	0,12
Rectangle125	Rectangle		√	1,81	0,18	100	0,18
Rectangle126	Rectangle		√	2,28	0,27	100	0,27
Rectangle127	Rectangle		√	2,4	0,29	100	0,29
Rectangle128	Rectangle		√	1,99	0,24	100	0,24
Rectangle129	Rectangle		√	1,94	0,23	100	0,23
Rectangle130	Rectangle		√	1,71	0,18	100	0,18



Rectangle131	Rectangle		√	1,69	0,17	100	0,17
Rectangle132	Rectangle		√	1,96	0,22	100	0,22
Rectangle133	Rectangle		√	2,02	0,23	100	0,23
Rectangle134	Rectangle		√	2,32	0,3	100	0,3
Rectangle135	Rectangle		√	2,95	0,42	100	0,42
Rectangle136	Rectangle		√	2,11	0,26	100	0,26
Rectangle137	Rectangle		√	1,88	0,21	100	0,21
Rectangle138	Rectangle		√	1,92	0,22	100	0,22
Rectangle139	Rectangle		√	2,43	0,32	100	0,32
Rectangle140	Rectangle		√	2,72	0,38	100	0,38
Rectangle141	Rectangle		√	2,71	0,38	100	0,38
Rectangle142	Rectangle		√	2,47	0,33	100	0,33
Rectangle143	Rectangle		√	2,21	0,27	100	0,27
Rectangle144	Rectangle		√	2,06	0,24	100	0,24
Rectangle145	Rectangle		√	1,93	0,22	100	0,22
Rectangle146	Rectangle		√	2,85	0,4	100	0,4
Rectangle147	Rectangle		√	2,79	0,4	100	0,4
Rectangle148	Rectangle		√	2,09	0,26	100	0,26
Rectangle149	Rectangle		√	2,32	0,31	100	0,31
Rectangle150	Rectangle		√	2,35	0,32	100	0,32
Rectangle151	Rectangle		√	2,45	0,32	100	0,32
Rectangle152	Rectangle		√	2,26	0,28	100	0,28
Rectangle153	Rectangle		√	1,7	0,18	100	0,18
Rectangle154	Rectangle		√	1,93	0,22	100	0,22
Rectangle155	Rectangle		√	2,16	0,26	100	0,26
Rectangle156	Rectangle		√	2,2	0,27	100	0,27
Rectangle159	Rectangle		√	1,87	0,18	100	0,18
Rectangle160	Rectangle		√	1,97	0,18	100	0,18
Rectangle161	Rectangle		√	1,77	0,16	100	0,16
Rectangle162	Rectangle		√	2,58	0,3	100	0,3
Rectangle163	Rectangle		√	2,55	0,29	100	0,29
Rectangle164	Rectangle		√	1,45	0,12	100	0,12
Rectangle165	Rectangle		√	2,14	0,22	100	0,22
Rectangle166	Rectangle		√	2,13	0,22	100	0,22
Rectangle167	Rectangle		√	2,09	0,22	100	0,22
Rectangle168	Rectangle		√	2,08	0,22	100	0,22
Rectangle169	Rectangle		√	1,75	0,17	100	0,17
Rectangle170	Rectangle		√	1,94	0,22	100	0,22
Rectangle171	Rectangle		√	2,18	0,27	100	0,27
Rectangle172	Rectangle		√	2,16	0,26	100	0,26
Rectangle173	Rectangle		√	2,69	0,37	100	0,37
Rectangle174	Rectangle		√	2,85	0,4	100	0,4
Rectangle175	Rectangle		√	1,87	0,18	100	0,18



Rectangle176	Rectangle		√	1,91	0,18	100	0,18
Rectangle177	Rectangle		√	1,85	0,17	100	0,17
Rectangle178	Rectangle		√	2,64	0,29	100	0,29
Rectangle179	Rectangle		√	2,79	0,31	100	0,31
Rectangle180	Rectangle		√	2,19	0,24	100	0,24
Rectangle181	Rectangle		√	2,01	0,22	100	0,22
Rectangle182	Rectangle		√	2	0,21	100	0,21
Rectangle183	Rectangle		√	1,66	0,14	100	0,14
Rectangle184	Rectangle		√	1,92	0,18	100	0,18
Rectangle185	Rectangle		√	2,22	0,22	100	0,22
Rectangle186	Rectangle		√	2,04	0,23	100	0,23
Rectangle187	Rectangle		√	2,12	0,23	100	0,23
Rectangle188	Rectangle		√	1,81	0,18	100	0,18
Rectangle189	Rectangle		√	1,69	0,18	100	0,18
Rectangle190	Rectangle		√	2,44	0,32	100	0,32
Rectangle191	Rectangle		√	2,26	0,29	100	0,29
Rectangle192	Rectangle		√	2,08	0,25	100	0,25
Rectangle193	Rectangle		√	2,14	0,26	100	0,26
Rectangle194	Rectangle		√	2,03	0,24	100	0,24
Rectangle195	Rectangle		√	1,76	0,19	100	0,19
Rectangle196	Rectangle		√	1,94	0,23	100	0,23
Rectangle197	Rectangle		√	1,76	0,19	100	0,19
Rectangle198	Rectangle		√	1,7	0,18	100	0,18
Rectangle199	Rectangle		√	2,45	0,32	100	0,32
Rectangle200	Rectangle		√	3,17	0,46	100	0,46
Rectangle201	Rectangle		√	2,03	0,24	100	0,24
Rectangle202	Rectangle		√	2,01	0,24	100	0,24
Rectangle203	Rectangle		√	2,25	0,28	100	0,28
Rectangle204	Rectangle		√	2,78	0,39	100	0,39
Rectangle205	Rectangle		√	2,7	0,37	100	0,37
Rectangle206	Rectangle		√	2,09	0,25	100	0,25
Rectangle207	Rectangle		√	1,78	0,19	100	0,19
Rectangle208	Rectangle		√	1,79	0,2	100	0,2
Rectangle209	Rectangle		√	2,75	0,35	100	0,35
Rectangle210	Rectangle		√	2,03	0,23	100	0,23
Rectangle211	Rectangle		√	2,57	0,37	100	0,37
Rectangle212	Rectangle		√	2,68	0,4	100	0,4
Rectangle213	Rectangle		√	2	0,25	100	0,25
Rectangle214	Rectangle		√	2,19	0,29	100	0,29
Rectangle215	Rectangle		√	1,86	0,21	100	0,21
Rectangle216	Rectangle		√	2,6	0,35	100	0,35
Rectangle217	Rectangle		√	2,46	0,32	100	0,32
Rectangle218	Rectangle		√	2,05	0,23	100	0,23



Rectangle219	Rectangle		√	1,89	0,2	100	0,2
Rectangle220	Rectangle		√	1,5	0,14	100	0,14
Rectangle221	Rectangle		√	2,51	0,27	100	0,27
Rectangle222	Rectangle		√	2,02	0,2	100	0,2
Rectangle223	Rectangle		√	1,98	0,2	100	0,2
Rectangle224	Rectangle		√	1,81	0,17	100	0,17
Rectangle225	Rectangle		√	1,43	0,12	100	0,12

Image: DSC04177.JPG
Size: 2160 * 2500 Pixels
Date: 19/05/2011
Time: 14:23:24
Precision: 1,0 cm
Path: C:\Users\Daniel ... e campo
Calibration: 184,0 cm * 287,0 cm



Line10	Line	1,22	
Line8	Line	1,09	
Line9	Line	1,13	
Line10	Line	1,14	
Line11	Line	1,08	
Line12	Line	0,73	
Line13	Line	0,77	
Line14	Line	0,69	
Line15	Line	0,85	
Line16	Line	0,86	
Line17	Line	0,5	
Line18	Line	0,75	
Line19	Line	0,56	
Line20	Line	0,91	
Line21	Line	0,77	
Line22	Line	0,45	
Line23	Line	0,85	
Line24	Line	0,63	
Line25	Line	0,66	



Line26	Line	0,82	
Line28	Line	0,71	
Line29	Line	0,86	
Line30	Line	0,64	
Line31	Line	0,63	
Line32	Line	1,05	
Line33	Line	0,45	
Line34	Line	0,67	
Line35	Line	0,81	
Line36	Line	0,4	
Line37	Line	0,74	
Line38	Line	0,8	
Line39	Line	0,65	
Line40	Line	0,48	
Line41	Line	0,57	
Line42	Line	0,48	
Line43	Line	0,77	
Line45	Line	1,1	
Line46	Line	0,64	
Line47	Line	0,59	
Line48	Line	0,75	
Line49	Line	0,64	
Line50	Line	0,61	
Line51	Line	0,88	
Line52	Line	1,04	
Line53	Line	1	
Line54	Line	1,06	
Line55	Line	0,96	
Line56	Line	0,74	
Line57	Line	0,61	
Line58	Line	0,64	
Line59	Line	0,72	
Line60	Line	0,82	
Line61	Line	0,81	
Line62	Line	0,49	
Line63	Line	0,82	
Line64	Line	0,61	
Line65	Line	0,51	
Line66	Line	0,55	
Line67	Line	0,25	
Line69	Line	0,7	
Line70	Line	1,02	
Line71	Line	1,03	



Line72	Line	0,72	
Line73	Line	0,75	
Line74	Line	0,6	
Line75	Line	0,57	
Line76	Line	0,85	
Line77	Line	0,74	
Line78	Line	0,54	
Line79	Line	0,83	
Line80	Line	0,74	
Line81	Line	0,78	
Line82	Line	0,76	
Line83	Line	0,6	
Line84	Line	0,81	
Line85	Line	0,7	
Line86	Line	0,63	
Line87	Line	0,78	
Line88	Line	0,73	
Line89	Line	0,65	
Line90	Line	0,65	
Line91	Line	0,71	
Line92	Line	0,7	
Line93	Line	0,65	
Line94	Line	0,74	
Line95	Line	0,66	
Line96	Line	0,99	
Line97	Line	0,61	
Line98	Line	0,48	
Line99	Line	0,66	
Line100	Line	0,6	
Line101	Line	0,74	
Line102	Line	0,85	
Line103	Line	0,46	
Line104	Line	0,76	
Line105	Line	0,89	
Line106	Line	2,06	
Line107	Line	0,63	
Line108	Line	0,72	
Line109	Line	0,71	
Line110	Line	0,68	
Line111	Line	0,74	
Line112	Line	0,73	
Line113	Line	0,97	
Line114	Line	1,04	



Line115	Line	1,3	
Line116	Line	0,81	
Line117	Line	0,87	
Line118	Line	0,65	
Line119	Line	0,61	
Line120	Line	1,01	
Line121	Line	1,09	
Line122	Line	0,6	
Line123	Line	0,84	
Line124	Line	0,56	
Line125	Line	1	
Line126	Line	1,03	
Line127	Line	1,01	
Line128	Line	1	
Line129	Line	0,62	
Line130	Line	0,69	
Line131	Line	0,63	
Line132	Line	0,9	
Line133	Line	0,68	
Line134	Line	0,49	
Line135	Line	0,67	
Line136	Line	0,75	
Line137	Line	0,71	
Line138	Line	1,07	
Line139	Line	1,06	
Line140	Line	0,75	
Line141	Line	0,66	
Line142	Line	0,59	
Line143	Line	0,73	
Line144	Line	0,71	
Line145	Line	0,53	
Line146	Line	1	
Line147	Line	0,99	
Line148	Line	1,04	
Line149	Line	1	
Line150	Line	0,74	
Line151	Line	0,64	
Line152	Line	0,73	
Line153	Line	0,57	
Line154	Line	0,51	
Line155	Line	0,51	
Line156	Line	0,44	
Line157	Line	2,01	



Line158	Line	0,71	
Line159	Line	0,67	
Line160	Line	0,62	
Line161	Line	0,69	
Line162	Line	0,66	
Line163	Line	0,68	
Line164	Line	0,6	
Line165	Line	1,19	
Line166	Line	0,54	
Line167	Line	1,21	
Line168	Line	0,94	
Line169	Line	0,81	
Line170	Line	0,74	
Line171	Line	1,04	
Line172	Line	0,54	
Line173	Line	0,75	
Line174	Line	0,53	
Line175	Line	0,55	
Line176	Line	0,73	
Line177	Line	0,51	
Line178	Line	0,73	
Line179	Line	1,09	
Line180	Line	0,52	
Line181	Line	0,8	
Line182	Line	0,45	
Line183	Line	1,09	
Line184	Line	0,71	
Line185	Line	0,58	
Line186	Line	0,59	
Line187	Line	0,64	
Line188	Line	1,72	
Line189	Line	0,65	
Line190	Line	0,41	
Line191	Line	0,63	
Line192	Line	0,71	
Line193	Line	0,54	
Line194	Line	0,47	
Line195	Line	0,88	
Line196	Line	0,85	
Line197	Line	0,51	
Line198	Line	0,3	
Line199	Line	0,98	
Line200	Line	0,72	



Line201	Line	0,56	
Line202	Line	0,51	
Line203	Line	0,82	
Line204	Line	0,41	
Line205	Line	0,53	
Line206	Line	0,69	
Line207	Line	0,93	
Line208	Line	0,7	
Line209	Line	0,93	
Line210	Line	1,67	
Line211	Line	0,76	
Line212	Line	1,03	
Line213	Line	0,75	
Line214	Line	1,02	
Line215	Line	0,94	
Line216	Line	0,82	
Line217	Line	0,86	
Line218	Line	0,94	
Line219	Line	0,61	
Line220	Line	0,58	
Line221	Line	0,55	
Line222	Line	0,72	
Line223	Line	0,53	
Line224	Line	0,51	
Line225	Line	0,46	
Line226	Line	0,63	
Line227	Line	0,67	
Line228	Line	0,44	
Line229	Line	0,61	
Line230	Line	0,23	
Line231	Line	0,55	
Line232	Line	0,62	
Line233	Line	0,62	
Line234	Line	0,48	
Line235	Line	0,83	
Line236	Line	0,87	
Line237	Line	0,57	
Line238	Line	0,55	
Line239	Line	0,49	
Line240	Line	0,6	
Line241	Line	0,56	
Line242	Line	0,49	
Line243	Line	0,69	



Line244	Line	0,55	
Line245	Line	0,5	
Line246	Line	1,04	
Line247	Line	0,66	
Line248	Line	0,79	
Line249	Line	0,93	
Line250	Line	0,56	
Line251	Line	0,61	
Line252	Line	0,52	
Line253	Line	0,87	
Line254	Line	0,83	
Line255	Line	0,66	
Line256	Line	0,6	
Line257	Line	0,44	
Line258	Line	1,04	
Line259	Line	0,73	
Line260	Line	0,65	
Line261	Line	0,61	
Line262	Line	0,5	
Sums		Length	Circumference
		m	m
		265,65	0,75

Id	Medida (m)	Codo Romano	%
1	1,22	2,75	1%
2	1,21		
3	1,19		
4	1,14	2,5	4%
5	1,13		
6	1,1		
7	1,09		
8	1,09		
9	1,09		
10	1,09		
11	1,08		
12	1,07		
13	1,06		
14	1,06		
15	1,05	2,25	10%
16	1,04		
17	1,04		



18	1,04		
19	1,04		
20	1,04		
21	1,04		
22	1,03		
23	1,03		
24	1,03		
25	1,02		
26	1,02		
27	1,01		
28	1,01		
29	1		
30	1		
31	1		
32	1		
33	1		
34	0,99		
35	0,99		
36	0,98		
37	0,97		
38	0,96		
39	0,94	2	16%
40	0,94		
41	0,94		
42	0,93		
43	0,93		
44	0,93		
45	0,91		
46	0,9		
47	0,89		
48	0,88		
49	0,88		
50	0,87		
51	0,87		
52	0,87		
53	0,86		
54	0,86		
55	0,86		
56	0,85		
57	0,85		
58	0,85		
59	0,85		
60	0,85		



61	0,84		
62	0,83		
63	0,83		
64	0,83		
65	0,82		
66	0,82		
67	0,82		
68	0,82		
69	0,82		
70	0,81		
71	0,81		
72	0,81		
73	0,81		
74	0,81		
75	0,8		
76	0,8		
77	0,79	1,75	20%
78	0,78		
79	0,78		
80	0,77		
81	0,77		
82	0,77		
83	0,76		
84	0,76		
85	0,76		
86	0,75		
87	0,75		
88	0,75		
89	0,75		
90	0,75		
91	0,75		
92	0,75		
93	0,74		
94	0,74		
95	0,74		
96	0,74		
97	0,74		
98	0,74		
99	0,74		
100	0,74		
101	0,74		
102	0,73		
103	0,73		



104	0,73		
105	0,73		
106	0,73		
107	0,73		
108	0,73		
109	0,73		
110	0,72		
111	0,72		
112	0,72		
113	0,72		
114	0,72		
115	0,71		
116	0,71		
117	0,71		
118	0,71		
119	0,71		
120	0,71		
121	0,71		
122	0,71		
123	0,7		
124	0,7		
125	0,7		
126	0,7		
127	0,69	1,5	24%
128	0,69		
129	0,69		
130	0,69		
131	0,69		
132	0,68		
133	0,68		
134	0,68		
135	0,67		
136	0,67		
137	0,67		
138	0,67		
139	0,66		
140	0,66		
141	0,66		
142	0,66		
143	0,66		
144	0,66		
145	0,66		
146	0,65		



147	0,65		
148	0,65		
149	0,65		
150	0,65		
151	0,65		
152	0,65		
153	0,64		
154	0,64		
155	0,64		
156	0,64		
157	0,64		
158	0,64		
159	0,63		
160	0,63		
161	0,63		
162	0,63		
163	0,63		
164	0,63		
165	0,63		
166	0,62		
167	0,62		
168	0,62		
169	0,62		
170	0,61		
171	0,61		
172	0,61		
173	0,61		
174	0,61		
175	0,61		
176	0,61		
177	0,61		
178	0,61		
179	0,6		
180	0,6		
181	0,6		
182	0,6		
183	0,6		
184	0,6		
185	0,6		
186	0,59	1,25	16%
187	0,59		
188	0,59		
189	0,58		



190	0,58		
191	0,57		
192	0,57		
193	0,57		
194	0,57		
195	0,56		
196	0,56		
197	0,56		
198	0,56		
199	0,56		
200	0,55		
201	0,55		
202	0,55		
203	0,55		
204	0,55		
205	0,55		
206	0,54		
207	0,54		
208	0,54		
209	0,54		
210	0,53		
211	0,53		
212	0,53		
213	0,53		
214	0,52		
215	0,52		
216	0,51		
217	0,51		
218	0,51		
219	0,51		
220	0,51		
221	0,51		
222	0,51		
223	0,5		
224	0,5		
225	0,5		
226	0,49	1	8%
227	0,49		
228	0,49		
229	0,49		
230	0,48		
231	0,48		
232	0,48		



233	0,48
234	0,47
235	0,46
236	0,46
237	0,45
238	0,45
239	0,45
240	0,44
241	0,44
242	0,44
243	0,41
244	0,41
245	0,4

Image: DSC04177.JPG
Size: 2160 * 2500 Pixels
Date: 23/05/2011
Time: 12:18:28
Precision: 1,0 cm
Path: C:\Users\Daniel ... e campo segovia
Calibration: 184,0 cm * 287,0 cm



Points							
Element	Element type					X (m)	Y (m)
Point1	Point					2,55	6,03
Point2	Point					3,85	6,03
Point3	Point					3,85	5,65
Point4	Point					4,68	6,04
Point5	Point					4,66	5,71
Point6	Point					2,55	6,43
Point7	Point					3,41	6,45
Point8	Point					3,41	6,04



Point9	Point					4,03	6,43
Point10	Point					4,06	6,05
Point11	Point					4,65	6,44
Point12	Point					4,55	6,8
Point13	Point					3,99	6,82
Point14	Point					4,58	7,18
Point15	Point					4,03	7,2
Point17	Point					3,15	6,84
Point18	Point					3,58	6,81
Point19	Point					2,55	6,81
Point20	Point					2,55	7,21
Point21	Point					2,55	7,55
Point22	Point					3,56	7,57
Point23	Point					4,56	7,57
Point24	Point					3,55	7,22
Point25	Point					9,16	10,73
Point26	Point					9,91	10,72
Point28	Point					9,13	10,35
Point29	Point					10,93	10,72
Point30	Point					10,93	10,33
Point31	Point					10,31	10,32
Point32	Point					10,27	10,02
Point33	Point					10,94	10,04
Point34	Point					10,81	10,01
Point35	Point					9,18	10,04
Point36	Point					9,88	10,02
Point37	Point					9,85	9,74
Point38	Point					10,79	9,7
Point39	Point					9,16	9,72
Point40	Point					9,15	9,42
Point41	Point					9,97	9,44
Point42	Point					10,91	9,42
Point43	Point					10,38	9,4
Point44	Point					10,37	9,1
Point45	Point					10,88	9,1
Point46	Point					9,81	9,12
Point47	Point					9,09	9,12
Point48	Point					10,05	8,82
Point49	Point					10,07	9,08
Point50	Point					10,9	8,81
Point51	Point					9,17	8,83
Point52	Point					9,13	11,32
Point53	Point					9,96	11,43



Point54	Point					9,95	11,11
Point55	Point					9,1	11,12
Point56	Point					9,89	10,35
Point57	Point					9,91	10,72
Point58	Point					10,77	11,12
Point59	Point					10,8	11,32
Point60	Point					10,99	11,55
Point61	Point					11,24	11,81
Point62	Point					11,53	12,04
Point63	Point					11,94	12,2
Point64	Point					12,34	12,32
Point65	Point					12,92	12,41
Point66	Point					13,46	12,44
Point67	Point					14,07	12,36
Point68	Point					14,51	12,2
Point69	Point					14,88	12,03
Point70	Point					15,21	11,83
Point71	Point					15,51	11,58
Point72	Point					15,66	11,3
Point73	Point					15,66	11,01
Point74	Point					16,46	11,08
Point75	Point					16,45	11,38
Point76	Point					16,32	11,42
Point77	Point					16,2	11,75
Point78	Point					15,84	12,09
Point79	Point					15,41	12,38
Point80	Point					14,91	12,6
Point81	Point					14,25	12,74
Point82	Point					13,53	12,86
Point83	Point					12,86	12,86
Point84	Point					12,15	12,77
Point85	Point					11,58	12,61
Point86	Point					11,42	12,64
Point87	Point					10,97	12,39
Point88	Point					10,58	12,09
Point89	Point					10,2	11,8
Point90	Point					10,07	11,74
Point91	Point					9,64	11,79
Point92	Point					8,93	11,59
Point93	Point					8,59	11,84
Point94	Point					9,32	12,15
Point95	Point					8,94	12,45
Point96	Point					8,34	12,06



Point97	Point					8,01	12,26
Point98	Point					8,32	12,68
Point99	Point					7,75	12,78
Point100	Point					2,55	3,71
Point101	Point					3,63	3,71
Point102	Point					3,64	3,43
Point103	Point					2,55	3,42
Point104	Point					4,77	3,44
Point105	Point					4,77	3,73
Point106	Point					4,74	4,08
Point107	Point					4,05	4,08
Point108	Point					4,05	3,76
Point109	Point					3,28	4,07
Point110	Point					3,28	3,73
Point111	Point					2,55	4,07
Point112	Point					2,55	4,46
Point113	Point					3,4	4,47
Point114	Point					3,43	4,11
Point115	Point					3,85	4,48
Point116	Point					4,26	4,45
Point117	Point					4,76	4,46
Point118	Point					4,77	4,77
Point119	Point					3,85	4,78
Point120	Point					3,3	4,76
Point121	Point					2,55	4,74
Point122	Point					2,65	5,05
Point123	Point					3,43	5,05
Point124	Point					3,88	5,08
Point125	Point					4,73	5,07
Point126	Point					4,72	5,37
Point127	Point					3,9	5,36
Point128	Point					3,25	5,36
Point129	Point					2,61	5,36
Point130	Point					2,71	8,26
Point131	Point					2,65	7,91
Point132	Point					3,25	7,91
Point133	Point					3,25	8,25
Point134	Point					4,46	8,24
Point135	Point					4,44	7,89
Point136	Point					4,46	8,62
Point137	Point					3,65	8,61
Point138	Point					3,65	8,27
Point139	Point					2,71	8,64



Point140	Point					2,69	9,04
Point141	Point					3,43	9,04
Point142	Point					3,42	8,68
Point143	Point					4,46	9,03
Point144	Point					3,83	9,41
Point145	Point					3,83	9,06
Point146	Point					4,48	9,43
Point147	Point					3,2	9,46
Point148	Point					3,25	9,83
Point149	Point					3,98	9,84
Point150	Point					4,49	9,81
Point151	Point					2,66	9,44
Point152	Point					2,7	9,82
Point153	Point					2,69	10,18
Point154	Point					3,41	10,18
Point155	Point					3,46	9,87
Point156	Point					4,51	10,23
Point157	Point					4,44	10,46
Point158	Point					3,99	10,47
Point159	Point					3,98	10,24
Point160	Point					3,2	10,47
Point161	Point					3,26	10,25
Point162	Point					2,68	10,47
Point163	Point					2,67	10,76
Point164	Point					3,76	10,75
Point165	Point					3,75	10,52
Point166	Point					4,47	10,75
Point167	Point					9,17	8,51
Point168	Point					10,42	8,52
Point169	Point					10,89	8,51
Point170	Point					9,88	8,51
Point171	Point					9,86	8,19
Point172	Point					10,89	8,23
Point173	Point					10,27	8,19
Point174	Point					9,21	8,2
Point175	Point					9,11	7,87
Point176	Point					9,69	7,87
Point177	Point					10,28	7,85
Point178	Point					10,92	7,84
Point179	Point					9,06	7,51
Point180	Point					10,03	7,52
Point181	Point					11,06	7,51
Point182	Point					11,18	7,28



Point183	Point					10,05	7,25
Point184	Point					9,02	7,26
Point185	Point					9,7	7,25
Point186	Point					9,7	6,87
Point187	Point					10,42	6,86
Point188	Point					11,13	6,88
Point189	Point					9,07	6,88
Point190	Point					9,07	6,48
Point191	Point					10,19	6,53
Point192	Point					11,13	6,5
Point193	Point					9,92	6,19
Point194	Point					9,96	6,47
Point195	Point					9,07	6,19
Point196	Point					9,11	5,9
Point197	Point					9,77	5,9
Point198	Point					10,37	5,89
Point199	Point					10,37	6,18
Point200	Point					11,11	5,91
Point201	Point					9,02	5,63
Point202	Point					10,01	5,61
Point203	Point					10,62	5,59
Point204	Point					11,1	5,56
Point205	Point					9,04	5,27
Point206	Point					9,67	5,3
Point207	Point					10,28	5,29
Point208	Point					11,16	5,28
Point209	Point					9,03	5,09
Point210	Point					9,67	5,07
Point211	Point					10,26	5,09
Point212	Point					11,15	5,09
Point213	Point					9,03	4,79
Point214	Point					10,41	4,8
Point215	Point					11,18	4,78
Point216	Point					8,99	4,47
Point217	Point					9,59	4,48
Point218	Point					9,59	4,74
Point219	Point					10,08	4,75
Point220	Point					10,07	4,49
Point221	Point					11,17	4,48
Point222	Point					9,73	4,43
Point223	Point					9,74	4,09
Point224	Point					9,08	4,09
Point225	Point					10,55	4,09



Point226	Point					10,52	4,43
Point227	Point					11,16	4,08
Point228	Point					10,76	4,06
Point229	Point					11,18	3,72
Point230	Point					10,72	3,74
Point231	Point					11,22	3,44
Point232	Point					10,57	3,47
Point233	Point					9,72	3,44
Point234	Point					9,67	3,68
Point235	Point					9,55	3,73
Point236	Point					9,55	4,04
Point237	Point					9,04	3,7
Point238	Point					9	3,45
Point239	Point					3,49	11,37
Point240	Point					4,31	11,29
Point241	Point					4,51	11,55
Point242	Point					3,79	11,77
Point243	Point					4,15	12,12
Point244	Point					4,77	11,84
Point245	Point					4,65	12,38
Point246	Point					5,14	12,04
Point247	Point					5,46	12,2
Point248	Point					5,96	12,35
Point249	Point					6,48	12,39
Point250	Point					7,05	12,45
Point251	Point					7,54	12,37
Point252	Point					7,03	12,84
Point253	Point					6,36	12,82
Point254	Point					5,74	12,76
Point255	Point					5,13	12,62
Point256	Point					15,77	10,78
Point257	Point					16,45	10,77
Point258	Point					17	10,78
Point259	Point					17,5	10,74
Point260	Point					17,39	11,32
Point261	Point					17,38	11,11
Point262	Point					15,77	10,51
Point263	Point					16,39	10,5
Point264	Point					16,93	10,51
Point265	Point					17,47	10,5
Point266	Point					15,72	10,22
Point267	Point					16,55	10,2
Point268	Point					17,44	10,22



Point269	Point					16,97	10,18
Point270	Point					17	9,81
Point271	Point					17,32	9,81
Point272	Point					16,37	9,82
Point273	Point					15,72	9,83
Point274	Point					16,16	9,44
Point275	Point					15,7	9,44
Point276	Point					16,79	9,42
Point277	Point					17,46	9,43
Point278	Point					15,71	9,06
Point279	Point					16,43	9,05
Point280	Point					16,94	9,01
Point281	Point					16,36	8,67
Point282	Point					16,94	8,67
Point283	Point					17,49	8,67
Point284	Point					15,75	8,66
Point285	Point					15,7	8,29
Point286	Point					16,55	8,29
Point287	Point					17,49	8,28
Point288	Point					16,67	7,91
Point289	Point					17,49	7,91
Point290	Point					15,73	7,9
Point291	Point					16,11	7,6
Point293	Point					16,86	7,59
Point294	Point					17,03	7,58
Point295	Point					17,56	7,58
Point296	Point					17,6	7,22
Point297	Point					17,01	7,22
Point298	Point					16,34	7,23
Point299	Point					16,31	7,58
Point300	Point					15,58	7,58
Point301	Point					15,59	7,23
Point302	Point					15,53	6,8
Point303	Point					16,6	6,81
Point304	Point					16,99	6,8
Point305	Point					17,67	6,82
Point306	Point					16,22	6,42
Point307	Point					15,55	6,41
Point308	Point					17,68	6,4
Point309	Point					17,66	6,03
Point310	Point					17,16	6,02
Point311	Point					16,48	6,04
Point312	Point					15,58	6,03



Point313	Point					15,58	5,65
Point314	Point					16,2	5,63
Point315	Point					16,89	5,63
Point316	Point					17,52	5,65
Point317	Point					15,51	5,32
Point318	Point					16,23	5,33
Point319	Point					16,98	5,32
Point320	Point					17,58	5,31
Point321	Point					17,6	5,07
Point322	Point					17,54	4,76
Point323	Point					16,59	4,77
Point324	Point					16,57	5,05
Point325	Point					16,99	5,06
Point326	Point					15,55	5,05
Point327	Point					15,53	4,75
Point328	Point					16,04	4,75
Point329	Point					16,04	4,49
Point330	Point					16,82	4,49
Point331	Point					17,63	4,49
Point332	Point					16,33	4,48
Point333	Point					16,33	4,19
Point334	Point					17,07	4,21
Point335	Point					17,68	4,21
Point336	Point					16,14	4,17
Point337	Point					15,5	4,18
Point338	Point					15,52	4,47
Point339	Point					15,5	3,82
Point340	Point					16,16	3,82
Point341	Point					16,9	3,83
Point342	Point					17,52	3,83
Point343	Point					15,53	3,44
Point344	Point					16,57	3,44
Point345	Point					17,56	3,45
Point346	Point					16,56	3,79
Point347	Point					16,58	11,41
Point348	Point					16,7	11,77
Point349	Point					17,46	11,58
Point350	Point					17,65	11,84
Point351	Point					17,01	12,07
Point352	Point					17,48	12,37
Point353	Point					17,92	12,06
Point354	Point					16,06	12,02
Point355	Point					16,79	12,01



Point356	Point					16,36	12,07
Point357	Point					16,37	12,35
Point358	Point					17,26	12,34
Point359	Point					15,61	12,35
Point360	Point					15,85	12,37
Point361	Point					15,83	12,62
Point362	Point					15,59	12,67
Point363	Point					15,61	12,85
Point364	Point					14,9	12,84
Point365	Point					14,96	12,68
Point366	Point					16,31	12,65
Point367	Point					16,32	12,87
Point368	Point					16,96	12,68
Point369	Point					16,99	12,88
Point370	Point					17,6	12,65
Point371	Point					17,6	12,88
Point372	Point					17,99	12,62
Point373	Point					16,77	12,36
Point374	Point					16,81	12,65
Point375	Point					18,29	12,86
Point376	Point					18,29	12,72
Point377	Point					18,61	12,77
Point378	Point					18,85	12,33
Point379	Point					18,36	12,21
Point380	Point					19,37	12,38
Point381	Point					19,3	12,87
Point382	Point					19,96	12,87
Point383	Point					19,94	12,39
Point384	Point					20,32	12,33
Point385	Point					20,57	12,72
Point386	Point					20,24	12,87
Point387	Point					20,77	12,85
Point388	Point					20,81	12,71
Point389	Point					21,18	12,61
Point390	Point					20,82	12,22
Point391	Point					21,85	12,62
Point392	Point					21,86	12,87
Point393	Point					21,71	12,38
Point394	Point					21,29	12,06
Point395	Point					21,57	11,82
Point396	Point					22,29	12,1
Point397	Point					21,76	11,56
Point398	Point					21,94	11,01



Point399	Point					22,63	11,75
Point400	Point					21,97	11,32
Point401	Point					22,82	11,4
Point402	Point					22,89	11,05
Point403	Point					22,98	11,38
Point404	Point					23,71	11,28
Point405	Point					23,7	11,1
Point406	Point					23,85	11,56
Point407	Point					23,2	11,74
Point408	Point					22,99	12,03
Point409	Point					23,4	12,03
Point410	Point					23,75	12,28
Point411	Point					23,05	12,31
Point412	Point					23,39	12,35
Point413	Point					23,41	12,58
Point414	Point					22,41	12,61
Point415	Point					22,4	12,34
Point416	Point					22,83	12,63
Point417	Point					22,83	12,88
Point418	Point					23,94	12,89
Point419	Point					23,93	12,63
Point420	Point					24,39	12,61
Point421	Point					24,72	12,86
Point422	Point					24,83	12,22
Point423	Point					24,48	12,03
Point424	Point					24	12,37
Point425	Point					24,16	11,8
Point426	Point					25,27	12,38
Point427	Point					25,09	12,79
Point428	Point					25,76	12,86
Point429	Point					25,81	12,47
Point430	Point					22,2	10,72
Point431	Point					22,85	10,73
Point432	Point					22,85	10,51
Point433	Point					22,16	10,48
Point434	Point					23,5	10,49
Point435	Point					23,46	10,75
Point436	Point					23,96	10,75
Point437	Point					23,93	10,51
Point438	Point					23,18	10,22
Point439	Point					23,87	10,2
Point440	Point					22,17	10,2
Point441	Point					22,14	9,89



Point442	Point					22,8	9,88
Point443	Point					22,83	10,17
Point444	Point					23,45	9,9
Point445	Point					23,43	10,15
Point446	Point					23,85	9,9
Point447	Point					22,14	9,5
Point448	Point					23,02	9,51
Point449	Point					23,84	9,49
Point450	Point					23,31	9,07
Point451	Point					23,31	9,48
Point452	Point					22,68	9,08
Point453	Point					22,12	9,08
Point454	Point					22,91	9,04
Point455	Point					22,9	8,63
Point456	Point					22,11	8,61
Point457	Point					23,81	8,61
Point458	Point					23,85	9,06
Point459	Point					22,08	8,26
Point460	Point					23,09	8,24
Point461	Point					23,82	8,26
Point462	Point					22,75	7,89
Point463	Point					22,78	8,23
Point464	Point					23,31	7,89
Point465	Point					23,8	7,88
Point466	Point					22,15	7,9
Point467	Point					22,05	7,57
Point468	Point					22,74	7,57
Point469	Point					22,74	7,19
Point470	Point					22,02	7,19
Point471	Point					23,41	7,2
Point472	Point					23,41	7,55
Point473	Point					24,03	7,18
Point474	Point					24,09	7,58
Point475	Point					24,03	6,83
Point476	Point					23,59	6,82
Point477	Point					23,53	7,17
Point478	Point					23,15	7,16
Point479	Point					23,08	6,79
Point480	Point					22,57	6,79
Point481	Point					22,54	7,18
Point482	Point					21,99	6,79
Point483	Point					21,98	6,44
Point484	Point					22,91	6,44



Point485	Point					24,08	6,41
Point486	Point					23,36	6,38
Point487	Point					23,36	6,08
Point488	Point					22,73	6,07
Point489	Point					22,72	6,39
Point490	Point					21,99	6,06
Point491	Point					22,04	5,65
Point492	Point					23,04	5,68
Point493	Point					23,04	6,03
Point494	Point					24,03	6,02
Point495	Point					22,43	5,39
Point496	Point					22,02	5,35
Point497	Point					22,68	5,1
Point498	Point					22,67	5,36
Point499	Point					23,4	5,36
Point500	Point					23,39	5,1
Point501	Point					24,08	5,1
Point502	Point					24,07	5,38
Point503	Point					22,02	5,07
Point504	Point					21,97	4,8
Point505	Point					23,06	4,8
Point506	Point					23,06	5,1
Point507	Point					24,13	4,81
Point508	Point					21,96	4,51
Point509	Point					22,78	4,49
Point510	Point					22,75	4,78
Point511	Point					23,48	4,5
Point512	Point					23,48	4,78
Point513	Point					21,95	4,23
Point514	Point					22,56	4,23
Point515	Point					23,23	4,23
Point516	Point					24,09	4,24
Point517	Point					24,11	4,48
Point518	Point					23,48	3,93
Point519	Point					23,48	4,21
Point520	Point					24,03	3,93
Point521	Point					22,69	3,92
Point522	Point					21,93	3,95
Point523	Point					21,87	3,56
Point524	Point					22,44	3,55
Point525	Point					22,47	3,91
Point526	Point					23,29	3,54
Point527	Point					23,3	3,91



Point528	Point					24,03	3,56
Point529	Point					10,1	12,11
Point530	Point					10,13	12,37
Point531	Point					10,58	12,39
Point532	Point					10,57	12,61
Point533	Point					9,65	12,62
Point534	Point					9,64	12,42
Point535	Point					9,39	12,64
Point536	Point					9,44	12,84
Point537	Point					8,99	12,84
Point538	Point					8,99	12,64
Point539	Point					8,3	12,81
Point540	Point					10,34	12,84
Point541	Point					10,37	12,64
Point542	Point					11	12,84
Point543	Point					10,99	12,66
Point544	Point					11,64	12,83
Point545	Point					2,6	11,26
Point546	Point					2,55	11,03
Point547	Point					3,21	11
Point548	Point					3,94	10,97
Point549	Point					4,59	10,99
Point550	Point					3,23	11,72
Point551	Point					3,67	11,71
Point552	Point					2,55	11,56
Point553	Point					2,25	11,78
Point554	Point					2,92	12,07
Point555	Point					2,45	12,33
Point556	Point					1,97	12,55
Point557	Point					1,56	12,16
Point558	Point					1,92	12,01
Point559	Point					1,06	12,26
Point560	Point					1,33	12,71
Point561	Point					0,68	12,77
Point562	Point					0,63	12,36
Point563	Point					0,04	12,79
Point564	Point					0,03	12,36
Point565	Point					1,57	12,84
Point566	Point					0,92	12,83
Point567	Point					1,62	12,72
Point568	Point					2,28	12,63
Point569	Point					2,28	12,83
Point570	Point					2,89	12,84



Point571	Point					2,91	12,64
Point572	Point					3,48	12,62
Point573	Point					3,51	12,83
Point574	Point					4,47	12,85
Point575	Point					4,42	12,6
Point576	Point					5,21	12,82
Point577	Point					5,94	12,83
Point578	Point					4,01	12,31
Point579	Point					4,02	12,56
Point580	Point					3,19	12,31
Point581	Point					3,18	12,58
Point582	Point					3,49	12,26
Point583	Point					3,48	12,05
Point584	Point					3,08	12,02
Point585	Point					2,66	12,3
Point586	Point					3,24	4,5
Point587	Point					4,44	3,4
Point588	Point					4,25	4,09
Point589	Point					3,21	5,08
Point590	Point					16,23	6,79
Point591	Point					16,61	7,2
Point592	Point					16,27	5,09
Point593	Point					16,86	4,18
Point594	Point					10,41	5,06
Point595	Point					10,44	7,23
Point596	Point					16,35	10,21
Point597	Point					23,2	10,47
Point598	Point					22,7	9,48
Point599	Point					23,15	8,58
Point600	Point					22,73	4,21
Point601	Point					16,84	4,76
Point602	Point					16,9	6,01
Point603	Point					16,97	6,41
Point604	Point					17,17	6,4
Point605	Point					16,44	6,4
Point606	Point					17,47	9,02
Point607	Point					16,17	9,81
Point608	Point					16,78	9,78
Point609	Point					16,6	10,47
Point610	Point					10,15	6,83
Point611	Point					16,19	5,99
Point612	Point					23,33	8,26
Point613	Point					23,01	9,86



Lengths- Circumferences- Areas							
Element	Element type	Length	on	Circumference	Area	Weighting	Area
		m	off	m	m ²	+/- %	m ²
Calibration (x)	Line	1,84					
Calibration (y)	Line	2,87					
Rectangle13	Rectangle		√	0,75	0	100	0
Line6	Line	26,82					
Line7	Line	26,7					
Line8	Line	1,22					
Line9	Line	18,73					
Line10	Line	1,22					
Line8	Line	0,29					
Line9	Line	0,24					
Line10	Line	0,27					
Line11	Line	0,28					
Line12	Line	0,28					
Line13	Line	0,37					
Line14	Line	0,34					
Line15	Line	0,37					
Line16	Line	0,36					
Line17	Line	0,36					
Line18	Line	0,37					
Line19	Line	0,36					
Line20	Line	0,34					
Line21	Line	0,33					
Line22	Line	0,35					
Line23	Line	0,39					
Line24	Line	0,31					
Line25	Line	0,32					
Line26	Line	0,37					
Line27	Line	0,36					
Line28	Line	0,35					
Line29	Line	0,34					
Line30	Line	0,28					
Line31	Line	0,29					
Line32	Line	0,27					
Line33	Line	0,31					
Line34	Line	0,39					
Line35	Line	0,36					



Line36	Line	0,36				
Line37	Line	0,39				
Line38	Line	0,37				
Line39	Line	0,34				
Line40	Line	0,34				
Line41	Line	0,39				
Line42	Line	0,28				
Line43	Line	0,29				
Line44	Line	0,28				
Line45	Line	0,28				
Line46	Line	0,28				
Line47	Line	0,29				
Line48	Line	0,25				
Line49	Line	0,28				
Line50	Line	0,26				
Line51	Line	0,3				
Line52	Line	0,31				
Line53	Line	0,32				
Line54	Line	0,26				
Line55	Line	0,26				
Line56	Line	0,3				
Line57	Line	0,28				
Line58	Line	0,26				
Line59	Line	0,27				
Line60	Line	0,29				
Line61	Line	0,28				
Line62	Line	0,28				
Line63	Line	0,33				
Line64	Line	0,31				
Line65	Line	0,3				
Line66	Line	0,3				
Line67	Line	0,26				
Line68	Line	0,31				
Line69	Line	0,3				
Line70	Line	0,28				
Line71	Line	0,31				
Line72	Line	0,27				
Line73	Line	0,29				
Line74	Line	0,29				
Line75	Line	0,3				
Line76	Line	0,28				
Line77	Line	0,28				
Line78	Line	0,3				



Line79	Line	0,19				
Line80	Line	0,23				
Line81	Line	0,2				
Line82	Line	0,2				
Line83	Line	0,27				
Line84	Line	0,24				
Line85	Line	0,27				
Line86	Line	0,24				
Line87	Line	0,28				
Line88	Line	0,26				
Line89	Line	0,26				
Line90	Line	0,28				
Line91	Line	0,38				
Line92	Line	0,37				
Line93	Line	0,33				
Line94	Line	0,28				
Line95	Line	0,35				
Line96	Line	0,37				
Line97	Line	0,35				
Line98	Line	0,38				
Line99	Line	0,37				
Line100	Line	0,41				
Line101	Line	0,35				
Line102	Line	0,37				
Line103	Line	0,4				
Line104	Line	0,41				
Line105	Line	0,38				
Line106	Line	0,4				
Line107	Line	0,29				
Line108	Line	0,29				
Line109	Line	0,26				
Line110	Line	0,39				
Line111	Line	0,36				
Line112	Line	0,38				
Line113	Line	0,38				
Line114	Line	0,37				
Line115	Line	0,32				
Line116	Line	0,31				
Line117	Line	0,39				
Line118	Line	0,38				
Line119	Line	0,36				
Line120	Line	0,36				
Line121	Line	0,3				



Line122	Line	0,28				
Line123	Line	0,34				
Line124	Line	0,4				
Line125	Line	0,31				
Line126	Line	0,37				
Line127	Line	0,39				
Line128	Line	0,37				
Line129	Line	0,39				
Line130	Line	0,42				
Line131	Line	0,36				
Line132	Line	0,35				
Line133	Line	0,42				
Line134	Line	0,39				
Line135	Line	0,41				
Line136	Line	0,38				
Line137	Line	0,38				
Line138	Line	0,38				
Line139	Line	0,38				
Line140	Line	0,37				
Line141	Line	0,4				
Line142	Line	0,42				
Line143	Line	0,39				
Line144	Line	0,4				
Line145	Line	0,4				
Line146	Line	0,39				
Line147	Line	0,37				
Line148	Line	0,35				
Line149	Line	0,35				
Line150	Line	0,35				
Line151	Line	0,34				
Line152	Line	0,39				
Line153	Line	0,25				
Line154	Line	0,27				
Line155	Line	0,23				
Line156	Line	0,36				
Line157	Line	0,35				
Line158	Line	0,36				
Line159	Line	0,36				
Line160	Line	0,38				
Line161	Line	0,38				
Line162	Line	0,36				
Line163	Line	0,41				
Line164	Line	0,35				



Line165	Line	0,34				
Line166	Line	0,35				
Line167	Line	0,33				
Line168	Line	0,32				
Line169	Line	0,34				
Line170	Line	0,39				
Line171	Line	0,38				
Line172	Line	0,38				
Line173	Line	0,38				
Line174	Line	0,36				
Line175	Line	0,34				
Line176	Line	0,36				
Line177	Line	0,38				
Line178	Line	0,39				
Line179	Line	0,34				
Line180	Line	0,38				
Line181	Line	0,32				
Line182	Line	0,32				
Line183	Line	0,28				
Line184	Line	0,37				
Line185	Line	0,38				
Line186	Line	0,39				
Line187	Line	0,35				
Line188	Line	0,35				
Line189	Line	0,36				
Line190	Line	0,4				
Line191	Line	0,34				
Line192	Line	0,41				
Line193	Line	0,31				
Line194	Line	0,29				
Line195	Line	0,3				
Line196	Line	0,4				
Line197	Line	0,38				
Line198	Line	0,34				
Line199	Line	0,35				
Line200	Line	0,47				
Line201	Line	0,46				
Line202	Line	0,45				
Line203	Line	0,4				
Line204	Line	0,39				
Line205	Line	0,35				
Line206	Line	0,4				
Line207	Line	0,3				



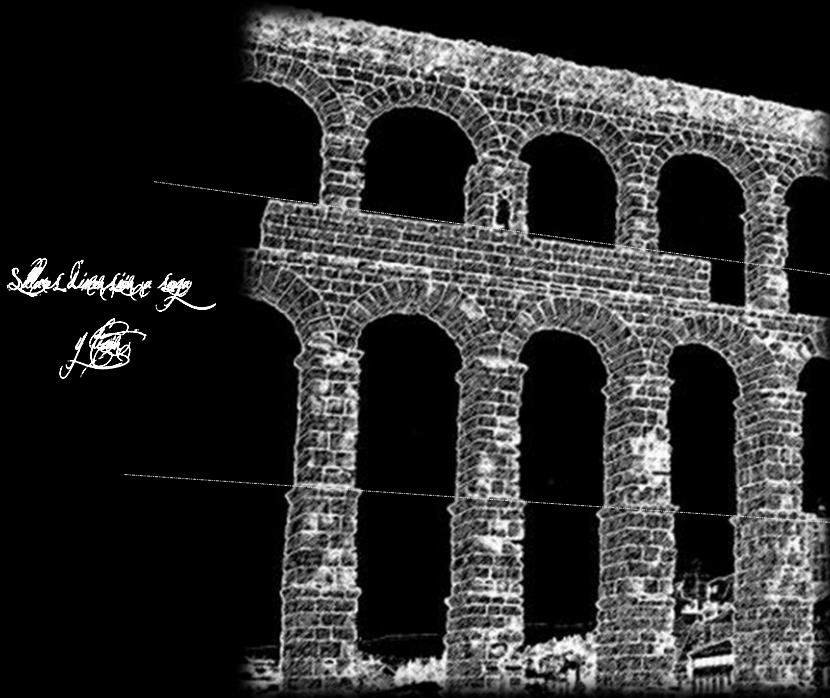
Line208	Line	0,26				
Line209	Line	0,29				
Line210	Line	0,3				
Line211	Line	0,31				
Line212	Line	0,3				
Line213	Line	0,32				
Line214	Line	0,38				
Line215	Line	0,36				
Line216	Line	0,41				
Line217	Line	0,41				
Line218	Line	0,42				
Line219	Line	0,4				
Line220	Line	0,41				
Line221	Line	0,43				
Line222	Line	0,38				
Line223	Line	0,37				
Line224	Line	0,42				
Line225	Line	0,38				
Line226	Line	0,29				
Line227	Line	0,3				
Line228	Line	0,28				
Line229	Line	0,39				
Line230	Line	0,39				
Line231	Line	0,35				
Line232	Line	0,39				
Line233	Line	0,39				
Line234	Line	0,35				
Line235	Line	0,41				
Line236	Line	0,32				
Line237	Line	0,29				
Line238	Line	0,25				
Line239	Line	0,3				
Line240	Line	0,36				
Line241	Line	0,31				
Line242	Line	0,41				
Line243	Line	0,32				
Line244	Line	0,28				
Line245	Line	0,32				
Line246	Line	0,39				
Line247	Line	0,38				
Line248	Line	0,37				
Line249	Line	0,41				
Line250	Line	0,29				



Line251	Line	0,22				
Line252	Line	0,23				
Line253	Line	0,24				
Line254	Line	0,32				
Line255	Line	0,3				
Line256	Line	0,23				
Line257	Line	0,29				
Line258	Line	0,27				
Line259	Line	0,28				
Line260	Line	0,28				
Line261	Line	0,25				
Line262	Line	0,31				
Line263	Line	0,29				
Line264	Line	0,23				
Line265	Line	0,29				
Line266	Line	0,37				
Line267	Line	0,37				
Line268	Line	0,38				
Line269	Line	0,27				
Line270	Line	0,27				
Line271	Line	0,27				
Line272	Line	0,24				
Line273	Line	0,23				
Line274	Line	0,22				
Line275	Line	0,26				
Line276	Line	0,24				
Sums		Length	Circumference			Area
		m	m			m²
		168,97	0,75			0



Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica



Segovia, España
J. Ruiz

**LA CALIDAD Y NORMALIZACIÓN EN LA
CONSTRUCCIÓN DE LA EDAD ANTIGUA
MESOPOTAMIA, EGIPTO, GRECIA Y ROMA.**
**“Análisis de la Calidad en la sillería del Acueducto de
Segovia”**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

D. Daniel Estévez Ruiz

2011