

## Artículos y Estudios

## *Resumen*

*Se exponen las ventajas que para la investigación arqueológica tiene la informatización de la cerámica, fundamentalmente prehistórica. Directamente sobre un dibujo informatizado y con un programa vectorial como autoCad se pueden calcular volúmenes, masas y centros de gravedad de las vasijas, obteniendo datos de sus características físicas que permiten hablar de posibilidades de manipulación, uso, contenidos óptimos...*

**Palabras clave:** *autoCad, volumen, centro de gravedad, estabilidad, dinámica, estática, manipulación, uso.*

## *Abstract*

*The aim of this article is to expose the advantages that a computer-aided applications for ceramic-ware contribute to the archaeological investigation, mainly for prehistoric artefacts.*

*Using a vectorial program like autoCad directly on a digitalised drawing, we can calculate volumes, masses and gravity centres of the wessels, obtaining, as a result, additional data about their physical characteristics that would permit contemplate the possibilities of their manipulation, use, contents, etc.*

**Keywords:** *Computer-aided Applications, AutoCad, Stability, Dynamics, Statics, Manipulation, Use.*

# La investigación arqueológica a partir del dibujo informatizado de cerámica

M.<sup>a</sup> Cruz Sopena Vicién\*

## Introducción

En este trabajo no se pretende explicar el proceso de representación gráfica de los recipientes cerámicos, sino lo que precisamente de él se deriva, es decir, las posibilidades para la investigación arqueológica. Resulta ya incuestionable que es imprescindible la informatización del registro cerámico fruto de cualquier tipo de actividad arqueológica. De un lado por ventajas obvias como la versatilidad con los escalados, montaje de láminas, perdurabilidad del soporte, calidad... facilidades que reporta cualquier programa vectorial como *Freehand*, *Illustrator* o *Corel Draw* utilizados en diseño gráfico. Sin embargo, para dar un paso en la investigación arqueológica es necesario utilizar programas de diseño asistido por ordenador, cuyo mayor exponente lo encontramos en programas vectoriales como *Autocad*. A diferencia de aquéllos cuyo resultado son objetos en 2D, con este programa manejamos objetos sujetos a tres dimensiones. Es en este punto cuando podemos convertirlos en sólidos de revolución, texturizar, hacer cálculos -volúmenes, masas y centros de gravedad entre otros- y su correlación con bases de datos..., aspectos de suma importancia cuando intentamos averiguar el por qué de unas determinadas formas asociados a contextos concretos o de la presencia de

varias formas en un mismo espacio arqueológico. En consecuencia entendemos que para realizar un estudio ceramológico más completo debería ser imprescindible la informatización de todo registro cerámico con este tipo de *software*.

A partir de unas formas elegidas al azar<sup>1</sup> se pretende obtener unos datos antes solamente perceptibles pero ahora cuantificables, como la capacidad o el grado de estabilidad de las vasijas, aspectos directamente relacionados con la manipulación, el uso y, en consecuencia, con su funcionalidad. De otro, se intentan utilizar terminologías que dejen al margen aspectos funcionales y sustituirlos por otros más "asépticos" atendiendo a criterios no ya geométricos, como viene siendo habitual en las clasificaciones de cerámica en arqueología, sino físicos, en los que quedarían englobados aspectos como estabilidad de los recipientes, peso, capacidad, grado de manipulación... teniendo en cuenta además otros aspectos como el tipo de contenido. Mediante criterios geométricos llegamos a establecer variedades formales del tipo vasos ovoides, cónicos, troncocónicos, globulares..., aspectos que aportan una definición morfológica correcta y aceptable, ayudando a una presentación gráfica ordenada de los objetos por su geometría, independientemente de

---

\* Dpto. Ciencias de la Antigüedad, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Zaragoza. mcsopena@unizar.es.

---

1 Se expone un modelo de extracción de datos que pueden tomarse como referencia para cualquier análisis, pero no su aplicación concreta a un yacimiento determinado.

estos aspectos que consideramos también importantes. Pero no siempre existe una relación directa entre una forma determinada y su manipulación óptima, porque pudieron primar los criterios estéticos sobre los prácticos<sup>2</sup>.

Se pretende pues aportar datos nuevos que permitan enriquecer las clasificaciones tipológicas de cerámicas. Por un lado se "exprimen" los datos tangibles como el tamaño, volumen, proporción, estabilidad o forma. En segundo lugar y a la vez se pueden ir estableciendo los usos óptimos para cada grupo. Y por último se puede llegar a una identificación de los recipientes atendiendo también a estas características físicas y no sólo a las geométricas. Por supuesto que el posterior análisis de los contextos -estratigráfico, geográfico, cultural y cronológico-, y su comparación con otros, son los que verdaderamente permiten completar los datos para determinar los posibles usos y la definitiva clasificación funcional de los recipientes.

Habría sido interesante también la aplicación concreta a un yacimiento para acotar unos índices, pero entre los yacimientos que hemos excavado no se han recuperado más de una veintena de recipientes enteros o reconstruidos gráficamente enteros<sup>3</sup>, cuando estimamos que debería elevarse al menos a una centena para que los resultados fueran más representativos.

Estimamos que los datos pueden ser más válidos para la cerámica prehistórica, porque factores como la manipulación y el contenido óptimo son los más desconocidos cuanto más remontamos en el tiempo.

Los resultados no deben entrar en discusión con los obtenidos mediante otros sistemas de análisis, es decir, lo lógico es que para una vasija de grandes dimensiones se derive un uso de almacenamiento. Pero con los nuevos datos podemos matizar las posibilidades de uso, cuantificar capacidades... directamente sobre un dibujo informatizado de la pieza. Por último, también se derivarán unas categorías según las propiedades físicas que permitan utilizar otros criterios para la definición tipológica de los recipientes.

## Punto de partida

La idea de este trabajo surge como consecuencia del contacto directo con diversidad de materiales de yacimientos de distintas cronologías<sup>4</sup>. La reconstrucción gráfica de los recipientes cerámicos conforma un importante trabajo documental en cualquier investigación, pero creemos que todavía puede ser más útil. La reciente incorporación de los sistemas informáticos en la presentación final de estos dibujos ha dejado abiertas otras posibilidades. Ello es debido a las características de determinados programas que, si bien pensados para otras aplicaciones, principalmente topografía, arquitectura o ingeniería, son de gran potencia con la gestión y transformación de los datos, permitiéndonos hacer cálculos a partir de los dibujos y reconstrucciones tridimensionales, no sólo de las piezas sino también de los yacimientos<sup>5</sup>.

Creemos necesaria una ampliación en los enfoques de análisis de los recipientes cerámicos que permita indagar sobre aspectos que además pueden ser cuantificables utilizando cualquier base de datos, pudiéndose incorporar a las fichas que se elaboran para la sistematización del estudio de la cerámica, como el de volumen, manipulación, función, contenido, etc. Partimos de la idea, siguiendo a Arheim (1978), de que en vez de caracterizar los objetos por sus propiedades objetivas como cosas unidas a cosas, podemos estudiarlos en forma más adverbial, al verlos en su pertenencia a actividades más que a cosas. Es necesario salir de una visión estática de las cosas para poder ver la expresión dinámica inherente en cada cosa, lo que va estrechamente relacionado con la forma de uso que se le da a un objeto del que se sirvió el hombre. Un vaso visto en forma estática no más que un objeto que seguramente sirvió para beber y que puede tener variadas formas físicas. Pero podemos imaginar el acto de alzar el brazo expresando el gesto de la bebida, la necesaria incorporación de su forma a nuestra mano y su capacidad en su condición de sostenedor del agua que iba a beber por ejemplo, podemos notar que debía ser un objeto simplemente colocado en un punto del espacio que es

2 También por azar, reutilizaciones o por error del fabricante puede no asociarse directamente una forma con un potencial uso óptimo. Realmente saber cuál fue el objeto de la manufactura no se puede averiguar a falta de otro tipo de testimonio directo, como el contenido que se ha podido conservar, pero consideramos que la mayor parte de estos objetos son útiles funcionales y prácticos y más en los ambientes domésticos para los que se aconseja este tipo de cálculos.

3 Es el caso de Tozal de Macarullo (Rodanés y Sopena, 1998), que a pesar de haber reconstruido 26 recipientes, además en dos contextos domésticos bien diferenciados -almacén y cocina-, no creemos que la muestra sea suficiente.

4 Además de los materiales que hemos estudiado para la investigación sobre Prehistoria en la Comarca de Monzón y Cinca Medio (Sopena 1992, Sopena 1998), durante más de dos décadas hemos colaborado en diversos proyectos y publicaciones con la representación gráfica de los materiales que han ido aparecido, fundamentalmente en yacimientos aragoneses.

5 Ya es habitual en cualquier trabajo arqueológico presentar infografías, reconstrucciones de las viviendas, de los poblados, enterramientos, etc con este tipo de aplicaciones informáticas.

solidario con otros elementos y que está hecho para recordarnos lo que sucedió con él.

## Procedimiento

### Sólidos de revolución y modelado de sólidos

Es ampliamente aceptado el hecho de que la física, como cualquier ciencia experimental, trata con teorías o modelos matemáticos en las que las propiedades de los objetos estudiados son representadas por variables cuantitativas, tal y como afirman Ragout y Cárdenas, 2002, p.589). Desde esta premisa parte nuestra caracterización de las vasijas.

Para obtener un mayor número de datos es necesario contar con recipientes enteros o, al menos, con la representación gráfica de vasijas completas. El procedimiento es el del dibujo a lápiz que posteriormente se escanea y digitaliza con un programa informático vectorial, preferentemente el CAD<sup>6</sup>. Una vez obtenida la sección completa y reconstruida la medida del radio, podemos hacer un sólido de revolución, es decir, superamos las dos dimensiones para sumergirnos en el 3D.

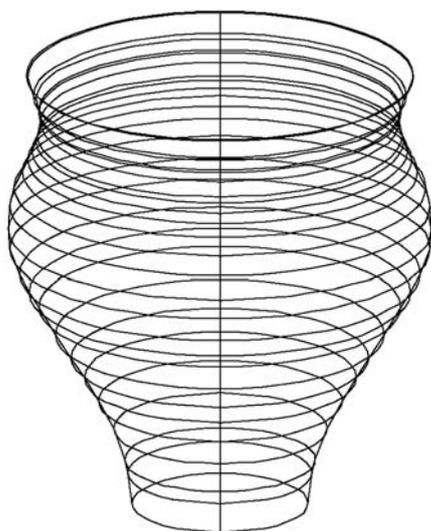


Figura 1. Visualización del objeto en 3D -sólido de revolución-.

Existen varios trabajos de investigación en los que se exponen procedimientos totalmente automatizados así como la elaboración de programas informáticos específicos para el dibujo cerámico (Kampel, M. y Melero, F. J., 2003; Melero, F. J., León, A. y Torres J.C., 2003 a y b; Melero, F. J., León, A., Contreras, F. y Torres J.C., 2003; Melero, F. J., Cano, P. y Torres J.C., 2004). Parten del escaneo directamente en 3D, para lo que utilizan herramientas muy costosas y poco ágiles en cuanto a tiempo de ejecución se refiere, como los propios autores reconocen<sup>7</sup>. En cualquier caso reconocemos que todavía no existe facilidad de acceso a este tipo de herramientas, costosas y de complicado manejo.

En un sólido de revolución cabe definir dos aspectos fundamentales: el plano de sección, el intervalo de rotación y el eje de rotación. Lo que significa que a partir de la sección de una vasija y conocido el radio se puede aplicar esta operación independientemente de que esté o no reconstruida en su totalidad.

Si el eje de rotación es perpendicular al polígono 2D (plano de sección) el objeto resultante es 2D, en caso contrario dará un objeto en 3D.

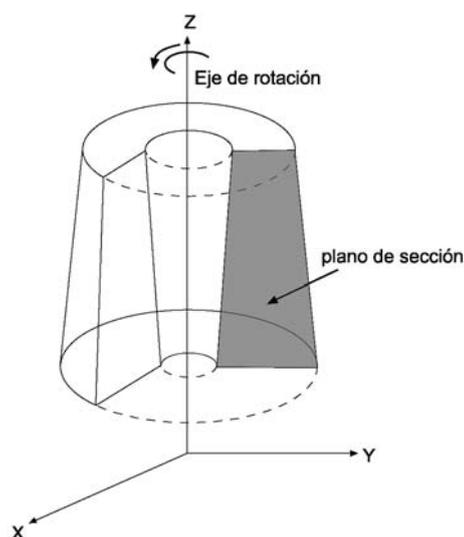


Figura 2. Creación de un sólido de revolución a partir de la sección de un objeto.

6 Si lo hemos realizado en otro como *Freehand* deberemos exportarlo a aquél.

7 Además existe otro tipo de problema con este tipo de automatización del trabajo: es complicado que el programa diseñado coloque las prolongaciones de arranques de cordones, roturas, la lectura de los desconchamientos... porque no tiene en cuenta la estructura morfológica de la forma original com-

pleta, así como los puntos más susceptibles a la fractura como son los cambios bruscos en la trayectoria de las paredes; o como en el caso de diámetros distorsionados por aplicaciones plásticas, en el que es más fácil y fiable una reconstrucción visual del arco en el que se inscribiría la circunferencia completa.

La reconstrucción en tres dimensiones de los objetos permite realizar un modelado de sólidos, ofreciendo tres tipos de lectura: geométrica -informa sobre la orientación y el tamaño del sólido-, tipológica -informa sobre las relaciones entre las entidades del sólido dándonos la forma del sólido- y auxiliar -aporta información adicional necesaria para el entorno de la aplicación gráfica, como el color, textura, etc-.

En sí el ordenador no manipula sólidos, sino datos. Partimos de un objeto real, tras lo que existe una extracción de las características sobre el espacio euclídeo (tipológicas y geométricas), y posteriormente hay una conversión de la información a una estructura de representación para finalizar con un modelo informático.

Las características matemáticas del modelo euclídeo son la rigidez -es decir, los objetos tienen una forma propia independientemente de la orientación, y la tipología no se ve afectada por las rotaciones-, la homogeneidad -el sólido debe ser cerrado y sin entidades aisladas- y la finitud -el sólido ocupa un espacio finito y el número de componentes ha de ser finito para asegurar una representación informática-.

Una de sus principales ventajas es la fácil creación y conversión de esta información, pudiéndose distinguir dos tipos de modelos: los geométricos, basados en una estructura de datos que definen la geometría y la tipología del objeto; y los espaciales, que tienen en cuenta el volumen que ocupa el sólido, por lo que se pueden aplicar operaciones booleanas. Existe una gran facilidad de visualización, realismo y análisis, aunque necesita gran número de cálculos para las transformaciones geométricas, por lo que las estructuras de representación tienen gran tamaño.

En términos generales el modelado se basa en una estructura alámbrica cuyo tamaño podemos concretar según el grado de definición deseado; cuanto mayor sea más memoria ocupará. Con ello ya se obtiene una

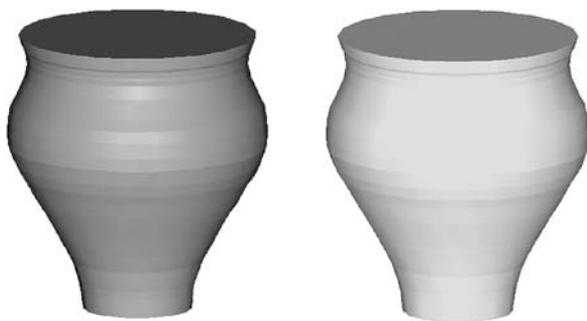


Figura 3. Visualización de modelados -renderización simple y sombreado suave-.

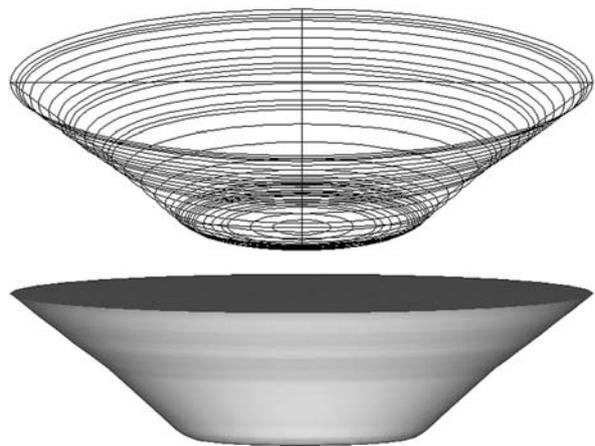


Figura 4. Estructura alámbrica y renderización de un objeto cerámico.

visualización en 3D, tras lo que procederemos a una renderización simple, o lo que es lo mismo, crear una superficie para el objeto, definiendo un punto de vista de la escena que permita una lectura adecuada.

Una vez finalizado este proceso ya se puede acceder a determinadas propiedades físicas de estos sólidos: áreas, volumen, centros de masa, momentos de inercia, etc. *Autocad* considera que los sólidos tienen densidad uniforme, y, además, para su aplicación a este tipo de trabajo, se debería considerar que un litro -1000 ml ó 1000 cc- es un Kg, conscientes de que no siempre el contenido tendría esa densidad y por lo tanto ese peso. De otro lado también se deben obviar las irregularidades en alturas o en diámetros para agilizar el procedimiento.

## Análisis de las características físicas de los recipientes

### Los indicadores de uso y manipulación

Para comprender, o simplemente intuir, la funcionalidad de las vasijas, independientemente de los contextos en los que aparezcan, hemos establecido los indicadores que creemos más apropiados.

Entendemos que el criterio del tamaño/volumen es el más importante para poder discriminar posibles usos y definir la manipulación de los recipientes cerámicos. De hecho, por criterios físicos el primer aspecto que agrupa un conjunto de vasijas es su capacidad, el volumen que pudo soportar, independientemente de la delimitación de sus perfiles. Por supuesto, su correlación con el tipo de acabado de las superficies -especial-

mente la interna, en contacto directo con el contenido o el propio contenido que ha podido conservarse, o la naturaleza de los desgrasantes, son aspectos que podrán determinar el contenido y/o uso concreto.

Existen pues varios indicadores que se deberían tener en cuenta y que nos darán las correspondientes categorías:

-El **volumen/tamaño**. Los resultados informarán sobre las vasijas más o menos estancas.

-El **centro de gravedad**. Ofrecerá datos cuantificables sobre el grado de estabilidad de las vasijas en distintos supuestos.

-El **acabado de las superficies** y las **pastas**. Los acabados de la cara interna informarán sobre el mayor o menor grado de permeabilidad, y el de las caras externas sobre la portabilidad. Asimismo las pastas

completarán los datos sobre posibilidades de resistencias térmicas y eficacia calorífica.

-Las aplicaciones plásticas que configuren **sistemas de presión**. Permiten completar los datos sobre la portabilidad.

-El grado de **sinuosidad de los perfiles**. Independientemente del tamaño o el acabado de las superficies existen rasgos morfológicos que facilitan o impiden determinadas funciones de las vasijas. Este indicador informará sobre la dinamicidad o aerodinamismo de los recipientes, así como sobre aspectos de manufacturas con finalidad práctica o estética.

-La **inclinación del cuello/borde**. Permite establecer el grado de facilidad de acceso al contenido y sobre el tipo de vertido (en cuanto a su densidad).

-La **morfología del borde**. El detalle concreto del remate del borde puede afinar aspectos sobre la velocidad o facilidad en la evacuación del contenido.

-El **fondo**. Su morfología permite establecer el grado de estabilidad del recipiente que lo soporta y si es más o menos estanco.

-El **contexto**. Tras la obtención de unos datos físicos observables y cuantificables, la mayor parte de ellos a partir de las representaciones gráficas de las vasijas, habrá que cotejarlos con los obtenidos de la actuación arqueológica como es el de la ubicación concreta<sup>9</sup> para acercarnos al tipo de contenido.

-La **cronología**. Teniendo en cuenta el ámbito cultural y cronológico del material, se pueden determinar los productos que pudieron almacenar, cocinar, elaborar, transformar, comer, etc en cada tipo de recipiente, o al menos establecer los más idóneos para ello.



Figura 5. Diagrama con los indicadores que determinan las características físicas de los objetos cerámicos. Se destacan aquellos que pueden obtenerse de las representaciones gráficas en 3D.

### El volumen

Existen varios procedimientos para hacer este tipo de mediciones. Un ejemplo es el método que se desarrolló para el proyecto Segeda para calcular la capacidad de las vasijas halladas en la excavación (Alegre y Calvo, 2002; Calvo, 2001-2002) a partir perfil interno tomando de 10 a 30 cotas de diámetro a intervalos regulares y posteriormente introduciendo en una hoja de cálculo *Excel* los datos. Aunque el método se ha contrastado experimentalmente con vasijas actuales, cuyo volumen puede calcularse con métodos tradicionales, con *Autocad* el proceso es automático, se calcula directamente una vez que hemos hecho el sólido de revolución con el dibujo del recipiente. Sea cual sea el método está claro que los datos resultantes son interesantes, pudiendo obtener por ejemplo diferentes unidades de capacidad.

9. Tenemos en cuenta sólo el ámbito doméstico, pues el resto de contextos por sí mismos ya pueden informar sobre su uso específico.

Pero tras esta operación obtenemos el volumen bruto, es decir, del máximo volumen de contenido posible. Es necesario por ejemplo estimar el volumen neto, o lo que es lo mismo, el volumen del contenido real que debieron soportar los recipientes y que siempre será menor<sup>10</sup>. Estimamos interesante hacer las siguientes mediciones:

1. La masa del recipiente vacío<sup>11</sup>. Puede informar sobre el por qué de un grosor determinado de las paredes y sobre el peso que simplemente el recipiente debió tener, para relacionarlo con la facilidad en su manipulación.
2. El volumen bruto. Se estima la cantidad máxima posible de producto que podría contener.
3. El volumen neto. Se determina, por lógica, la cantidad máxima que podría contener, pudiendo establecer coeficientes de llenado para los distintos grupos o tipos de recipiente.
4. La masa total bruta. Se estima el peso total de la vasija junto con su contenido.
5. La masa total neta. Se determina el peso total que realmente el hombre debió de manipular, es decir el del recipiente con el contenido neto.

Tomando como referencia el volumen neto o la masa total -recipiente y contenido estimado- se pueden establecer tres categorías tomando varios intervalos con unos valores de referencia que pueden individualizarlas. Los datos numéricos que concretamente separarían esos intervalos dependerán del ámbito de aplicación. Por ejemplo, si estamos analizando un área

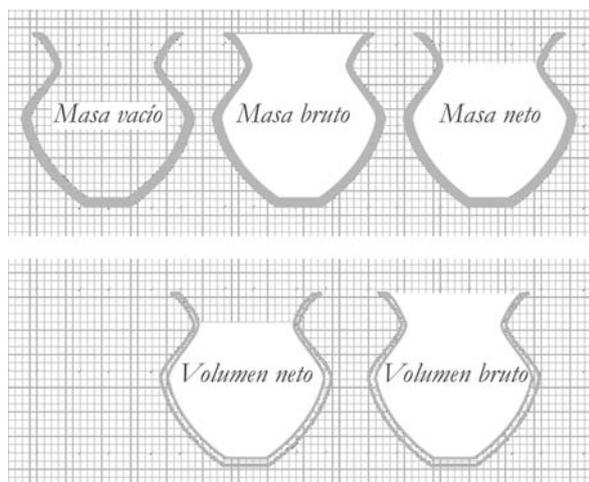


Figura 6. Posibilidades de medición en cuanto a volúmenes.

10 Ya se ha dicho que se consideran recipientes totalmente regulares.

11 Se estiman los valores por defecto del programa CAD, es decir, que una masa 1000 es 1 kg, aunque para la pasta cerámica los valores variarían. De cualquier forma, a falta de cóm-

de almacén en la que las capacidades de las vasijas oscilan entre los 8 y los 40 litros, los intervalos serán totalmente diferentes de los que podrían derivarse del análisis de un conjunto de vajilla de mesa, cuyos valores podrían oscilar entre ¼ y los 2 litros por ejemplo. Por ello, hasta que no se determine su aplicación a un contexto concreto hablaremos de cantidades menor que  $n^1$  igual a  $n^1$  o superior a  $n^2$ .

1. Capacidad inferior a  $n1$  cc. Simplemente por este criterio y desde el punto de vista de su movilidad entendemos que las vasijas adquirirían el rasgo de dinámicas.

2. Capacidad intervalo  $n1-n2$  cc nos permitiría hablar de vasijas estáticas-dinámicas o semiestáticas.

3. Las que presentan una capacidad superior a  $n2$  cc, por el peso deben considerarse estáticas.

Estos datos permitirían establecer incluso hipotéticas unidades métricas normalizadas de capacidad<sup>12</sup> y su correlación con otras, como ya se viene haciendo en distintos trabajos (Pellicer, 1997; Fernández, 2000; Alegre y Calvo, 2002). Y teniendo en cuenta la masa total neta se pueden obtener categorías respecto a la mayor o menor facilidad para su manipulación directa.

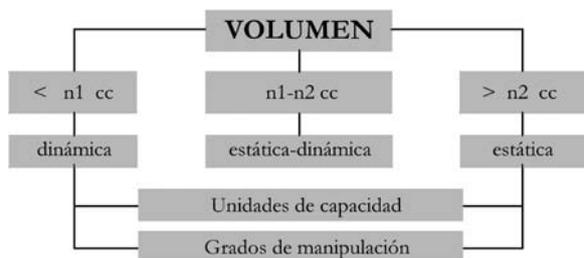


Figura 7. Categorías según la capacidad y el peso (los valores "n" por determinar).

Parece claro en ambiente doméstico que cuando se trata de recipientes de grandes dimensiones el uso debe estar relacionado con las tareas de almacenamiento, y para no ser manipulados más que cuando estuvieran vacías -cambiarlas de ubicación, acceder al final del contenido...-; las de tamaño medio, son de manipulación menos costosa se pueden relacionar con tareas de transporte y cocina; mientras que las de tamaño pequeño estarían directamente relacionadas con la manipulación frecuente o el consumo individual.

putos de peso directos si la vasija no se ha conservado entera, se pueden tomar como referencia los valores relativos.

12 Los datos tendrán mayor validez si la muestra de recipientes analizados es amplia.

Este primer indicador ya permite argüir posibles usos para los recipientes, pero interesa definir mejor la función de los mismos.

Si queremos hablar de funcionalidad tenemos que conocer el comportamiento en el equilibrio mecánico de estos objetos. El primer paso será calcular el bari-centro o centro de gravedad (G), punto que resume toda la fuerza gravitatoria sobre un objeto. El equilibrio estable de un cuerpo cualquiera depende de la posición relativa que exista entre el G y el punto, línea o plano sobre el que se apoya u oscila el cuerpo. En teoría cuanto más cerca del apoyo se encuentre G más estable es el equilibrio.

De forma implícita estamos hablando de factores como centro de gravedad, equilibrio, estática, etc, aspectos que brevemente pasamos a comentar.

### Equilibrio

El concepto de equilibrio tiene carácter transdisciplinar. Su significado en las ciencias, y en particular en la física, desde la perspectiva newtoniana, está relacionado directamente con el concepto de fuerza, concepto fundamental sobre el cual se explican y predicen los fenómenos mecánicos y específicamente los estáticos que corresponden con el estado de equilibrio (no hay traslación) para una partícula  $F=0$  y para un sistema de

muchas partículas (no hay traslación, ni rotación)  $\Sigma F=0$  y  $\Sigma T=0$ .

Tomando como referente conceptual el equilibrio como el estado de un sistema sobre el que la acción resultante de fuerzas externas se anulan (Revista electrónica de enseñanza de la ciencias, 2005), se pueden definir dos tipos de equilibrio: dinámico y estático. El primero se da cuando la magnitud de la velocidad es una constante diferente de cero (en traslación), magnitud de la velocidad angular (en rotación) y el segundo  $V=0$  (traslación) y  $W=0$  (en rotación), por lo que nos centramos fundamentalmente en el estático, ya que resulta difícil o imposible establecer los movimientos o trayectorias que llevaron recipientes.

En términos generales un cuerpo está en equilibrio cuando la proyección de su G cae dentro de la base de sustentación y va a depender de unos factores como son: la base -cuanto mayor sea mayor será el equilibrio-, la altura -cuanto más bajo sea G mayor será el equilibrio- y el peso -cuanto mayor sea más estable será-.

### El centro de gravedad o centro de masa<sup>13</sup>

La geometría de los cuerpos determina el comportamiento del equilibrio mecánico de los objetos. Uno de estos conceptos geométricos de las figuras es el bari-centro, o punto que sustituye teóricamente toda una masa distribuida en un volumen y nos permite considerar el cuerpo como un solo punto. También es el llamado centro de gravedad o punto que resume toda la fuerza gravitatoria sobre un objeto. Se necesitan tres ejes de referencia para definirlo.

Es el punto de aplicación de la fuerza peso en un cuerpo, y que es siempre el mismo, sea cual sea la posición del cuerpo; es el único punto donde los momentos de equilibrio estático respecto de tres ejes mutuamente perpendiculares son todos cero.

Calcular el centro de gravedad de los objetos es también una operación automática con *Autocad*<sup>14</sup>. Podremos calcular, al igual que con los volúmenes:

1. El del recipiente vacío. Con ello obtendremos el grado de estabilidad de la propia vasija.

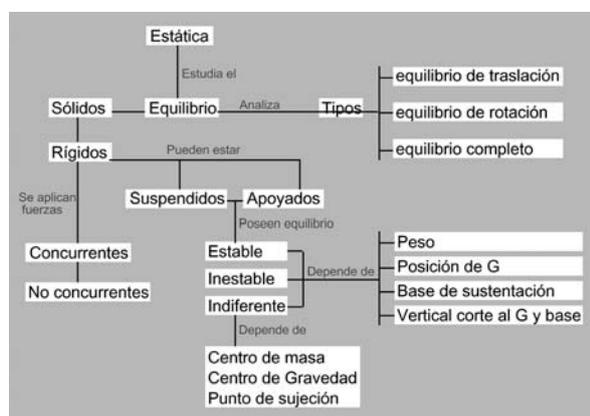


Figura 8. Diagrama coceptual sobre la estática y el equilibrio de sólidos rígidos, grupo al que pertenecen las vasijas cerámicas.

13. Si un cuerpo es tan pequeño que la aceleración de la gravedad es la misma para todas las partículas, entonces el centro de masa y el de gravedad coinciden (Enciclopedia Encarta, 2000).

14. Nos dará un punto 3D.

15. Está claro que la densidad del contenido variará la posición de G, por lo que recipientes que den estabilidades medias -con los datos que manejaríamos, esto es, 1 l es 1 kg-

podrían pasar a otra categoría, lo que podría indicar que están realizadas para contener otro tipo de producto o que simplemente son inestables.

16. Para cada vasija se estimará el contenido neto, según la lógica, el grado de desarrollo del cuello, zonas angulosas en los cuellos... elementos que permiten establecerlo con cierta fiabilidad.

2. El de la vasija con el contenido bruto. La estabilidad hará referencia al recipiente con el máximo de producto contenido.

3. El de la vasija con el contenido neto. El grado de estabilidad tendrá en cuenta el contenido estimado<sup>15</sup>, sin tener en cuenta la altura del cuello por ejemplo<sup>16</sup>.

Para completar los datos y posibilidades de este indicador resulta interesante establecer diferencias de alturas entre el recipiente total (H) y la de G (h), para poder definir mejor el grado de estabilidad y dinamismo de las piezas.

Pero dependiendo de las situaciones o contextos puede interesar determinar dos categorías de estabilidad, una con respecto al vuelco y la otra sobre el momento de inercia, o lo que es lo mismo su resistencia frente a la acción de una fuerza horizontal:

1- La estabilidad como la capacidad de un objeto apoyado sobre una superficie horizontal para retornar a su posición original tras haberlo inclinado un determinado ángulo. En este sentido, cuanto más bajo esté el centro de gravedad de cada recipiente, mayor será el ángulo que se podrá inclinar sin que la vertical que pasa por el centro de gravedad se salga de la superficie de la base y el cuerpo retome la posición inicial. Por tanto, cuanto más bajo sea G más estable será la vasija. Se podrá comprobar si los recipientes que tienen este tipo de estabilidad son los de tamaño medio/pequeño, es decir de manipulación frecuente, independientemente de que tengan o no contenido.

2- La estabilidad desde el punto de vista del esfuerzo necesario para volcar los recipientes, es decir, la fuerza horizontal que hay que aplicar en la parte alta para volcarlos. Ahora la fuerza-peso, la que se opone al vuelco, es mayor cuanto más alto se encuentre G, por lo que en este supuesto nos costará más volcar el objeto cuanto más alto tenga G. En términos físicos, si G es más alto se aumenta el momento de inercia del cuerpo respecto al eje de rotación que en este caso se encuentra en el suelo, en el fondo de la vasija que queda apoyada sobre una superficie. Por consiguiente, los recipientes serán más estables cuanto más alto

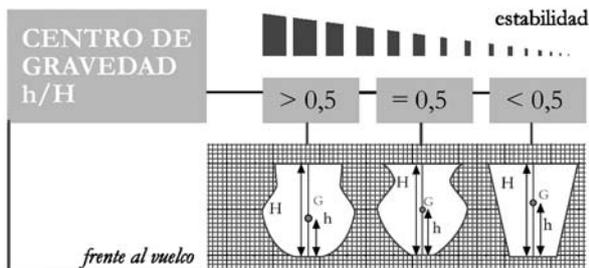


Figura 9. Grados de estabilidad frente al vuelco. Los índices son orientativos.

esté G. Ahora hay que plantearse los recipientes que deben ser sometidos al vuelco, y lo lógico es que sean los que presentan contenido de almacén estanco, es decir de tamaños medios y grandes y manipulación esporádica, cuyo acceso resulte más cómodo con un gesto de volcado.

Por tanto para los recipientes dinámicos, tanto vacíos como con el contenido, interesa la estabilidad frente al vuelco, y para los estáticos la que considera que se aplican fuerzas concurrentes o no concurrentes.

De los ensayos sobre una muestra elegida al azar se han observado los siguientes aspectos: cuando el G está por debajo de la mitad de la altura (H) -<0,5- esta-

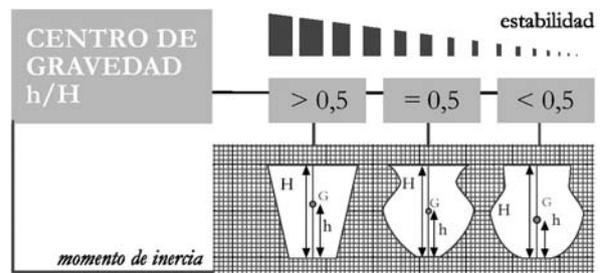


Figura 10. Grados de estabilidad según el momento de inercia. Los índices son orientativos.

remos hablando de vasijas inestables según el momento de inercia y muy estables frente al vuelco. Y cuando el índice es  $>0,5$ , al contrario, tendrán más estabilidad frente al empuje horizontal y serán inestables frente al vuelco.

Los recipientes pequeños son los que presentan mayor estabilidad frente al vuelco, por lo que habrá que relacionar con usos de consumo individual. En el caso de los grandes se ven representados los dos tipos de estabilidad, por lo que unas serían sometidas a manipulación más frecuente, las más resistentes frente al vuelco, y otras de acceso mucho más restringido en las que su resistencia al momento de inercia permite que tengan el uso óptimo de almacén más estanco.

Por tanto las vasijas de manipulación frecuente tienen el G bajo. El hecho de que los platos por ejemplo no cumplan esta condición, se explica porque su posición es la de estar fijos cuando presentan contenido, de manera que no debían ser manipulados directamente, accediendo a su contenido mediante otros instrumentos -cucharas por ejemplo-.

Pero además del centro de gravedad el grado de estabilidad también depende del punto de sujeción. Este último aspecto es importante en el caso de recipientes con pie alto: la aparente falta de estabilidad va

en detrimento de su aerodinamismo y carácter ergonómico, permitiendo que el punto de sujeción facilite el equilibrio del recipiente en su manipulación. Pensemos en los recipientes de tamaño medio sin elementos de prensión, en los que el cuello tiene un diámetro difícilmente abarcable con la mano, siendo pues el estrangulamiento de la base el punto de sujeción ideal para ser trasladada.

También se pueden obtener otros datos interesantes con el cálculo de las diferencias de las alturas ( $h_1$  y  $h_2$ ), siendo  $h_1$  la altura del borde a G y  $h_2$  la altura de G al fondo. De los ensayos previos se observa que cuanto menor es la diferencia entre las dos alturas se rentabilizan las posibilidades de contención, entrando en la categoría de estanca. Si el volumen es grande sería para el almacén estático; si es intermedio sería estática dinámica, para cocinar, servir, etc. y si son de pequeño tamaño para consumo estático (con cuchara...).

De otro lado cuanto mayor es la diferencia entre  $h$  y  $H$  más desarrollado tiene el cuello y/o el pie, zonas que suponemos exentas de contenido, lo que le confiere propiedades dinámicas. Si el tamaño es pequeño serviría para el consumo individual -se asiría por el cuello- y las grandes serían de manipulación individual.

### Sinuosidad de las paredes

También se pueden extraer datos acerca de la intencionalidad meramente práctica en la manufactura de los recipientes o atendiendo a otro tipo de criterios -moda, importación, objeto de lujo, adorno, ritual, estética, etc.- a través de datos obtenidos del volumen del recipiente en relación con el volumen de la caja de abarque. Si tenemos la vasija en el espacio ésta está contenida en un cubo tangente a sus paredes -caja de abarque-, cuyo volumen supone el máximo posible de un objeto con esa altura y anchura. Pues bien, hallando la relación entre los dos volúmenes es sugerente plantear hipótesis sobre la mayor o menor eficacia respecto a la capacidad de los recipientes, o la intencionalidad más o menos práctica en la manufactura de las vasijas, dando idea al menos del grado de dinamicidad de las piezas.

Entendemos pues que el grado de sinuosidad de las paredes, salvando motivos estéticos o la incorporación de nuevas modas o incluso imposiciones, puede estar relacionado directamente con el grado de aerodinamismo de la pieza, es decir, con la manipulación fre-

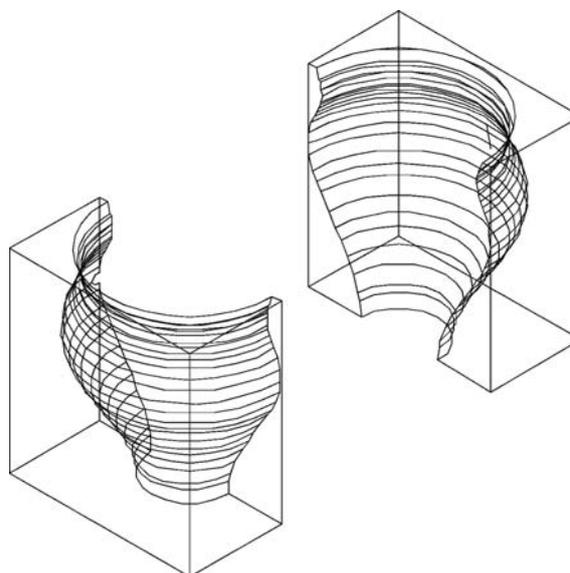


Figura 11. Representación de la caja de abarque de una vasija. Se muestra seccionada para facilitar la lectura de su volumen.

cuenta independientemente de los tamaños que tengan estos recipientes.

Se pueden establecer índices representativos que diferencien al menos tres categorías y que agruparían a las vasijas de aerodinámicas a estancas.

De los ensayos realizados sobre hipotéticas formas hemos observado que los índices se mueven en un pequeño intervalo, que va entre el 0,4 y el 0,7. Cuando el índice es superior a 0,5 indicaría rentabilidad de contención, y cuando es inferior queda de manifiesto que interesa más el carácter aerodinámico sobre el de la mayor capacidad para esas dimensiones, por lo que habría que plantearse que en el segundo caso es más importante facilitar el traslado y su manipulación que el hecho de que contenga el máximo de producto posible<sup>17</sup>.

### Portabilidad

#### Las caras externas

Como muchos autores ya han manifestado, parece claro que los acabados rugosos y con digitaciones de las superficies externas de la cerámica hay que relacionarlos más con la facilidad de prensión que con ele-

17. Podríamos imaginar un cubo macizo u moldeable que simbolizara el mismo volumen de un recipiente con el contenido. ¿Cómo modelaríamos esta masa para su uso?. En primer lugar dependería del peso total, pues no es lo mismo manipular una forma cúbica de masa inferior a 1500 cc que una superior a 3000 por ejemplo. Después la forma depende-

ría del uso concreto que le fuéramos a dar, no es lo mismo tener que verter, acceder con otro utensilio, beber, si lo vamos a manipular con un solo brazo, etc; así por ejemplo para beber o bien tendríamos que aplicarle un asa al recipiente o bien el diámetro será abarcable con la mano.

mentos decorativos, ya que la textura resultante o la presencia de "topes" contribuyen a aumentar el grado de portabilidad. Un ejemplo muy claro es el de las cerámicas con apéndice de botón en las asas, se trata de un elemento muy práctico para la estabilización del contenido -por lo que sería posible que fuera líquido- en la manipulación con una sola mano del recipiente.

Estos aspectos ayudarán a la clasificación del recipiente desde este indicador que variaría desde portable a no portable.

### Los elementos de presión

Existen aplicaciones plásticas que indudablemente ayudarían a la manipulación de las vasijas, elementos que aumentan el grado de portabilidad y manejo de los recipientes independientemente de su tamaño. Por ejemplo las ánforas, por el grosor de sus paredes junto con el contenido, tenían un gran peso, pero la disposición y desarrollo de largas asas favorecen totalmente su manipulación. Por ello tras los datos obtenidos por el cálculo del centro de gravedad, volumen... habrá que estimar la presencia de estos elementos porque puede matizar la facilidad en los vertidos y/o acceso a los contenidos.

La presencia de asas, lengüetas, botones, etc permiten completar los datos sobre la portabilidad, así como de la posición espacial original, sería el caso de las orejetas perforadas o los mangos con orificios para suspender los recipientes por ejemplo, etc.

### La delineación de los perfiles

Como ya hemos comentado, el grado de sinuosidad de las paredes contribuye directamente a la facilidad en el manejo y transporte de los recipientes porque les confiere propiedades ergonómicas y aerodinámicas, y en consecuencia, aumenta el grado de portabilidad.

### Los fondos

Su morfología permite establecer el grado de estabilidad del recipiente que lo soporta y si es más o menos estanco, además de otros aspectos directamente relacionados con la función de las vasijas.

Cuanto más grande es más estabilidad tendrá la vasija. En cuanto a la presencia de los pies anulares, cabría plantearse si además de un cambio cultural o moda puede deberse a la posibilidad de una manipulación más cómoda teniendo en cuenta también el volu-

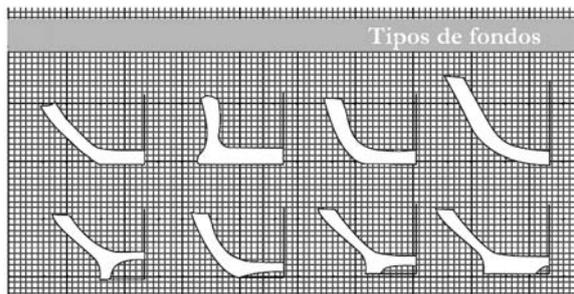


Figura 12. Tipos de fondo que afectan a la estabilidad y manipulación de las vasijas.

men del contenido, puesto que la manipulación de líquidos produce fuerzas y tensiones que impiden un levantamiento equilibrado que sí facilitaría la presencia de este tipo de fondos.

Con los fondos de base circular y pared delgada y uniforme en vez de bases planas y angulares se puede reducir el estrés térmico, lo que no quiere decir que también se utilicen en ambientes domésticos, como puede verse en los datos etnográficos obtenidos en el suroeste de Norteamérica (Plog, 1980) o en Europa occidental durante épocas romana y medieval (Woods, 1986).

### Acabado de las superficies y pastas

Por supuesto existen numerosos trabajos como los de Shepard (1965) García y Cahiza (1995-6) en los que se experimenta con los recipientes para la obtención de índices de porosidad aparente o de absorción respectivamente, datos interesantes para determinar y concretar la posible naturaleza de los contenidos. Pero la aplicación de este indicador -tratamiento de las superficies- puede ofrecer información sobre la densidad del producto contenido en las vasijas.

Independientemente del tamaño, está comúnmente aceptado que los acabados espatulados o bruñidos confieren propiedades impermeabilizantes a los recipientes, por lo que podrían haber contenido líquidos; mientras que los menos cuidados podrían estar relacionados con la contención de sólidos/semisólidos.

Estimamos pues tres categorías:

- Contenido líquido para las superficies internas espatuladas y bruñidas<sup>18</sup>.
- Contenido semisólido para las internas alisadas.
- Contenido sólido para las rugosas y poco alisadas.

18. Este argumento será válido para el almacenamiento a largo plazo, el transporte de líquidos o para cocinar -ya que se ve aumentada la eficacia calorífica acortando la cocción y minimizando el gasto de combustible-. Pero en el caso de las jarras de agua por ejemplo es preferible que la pasta sea

porosa y permita que los líquidos traspasen la superficie, lo que favorece su evaporación enfriando el contenido, proceso importante para las áreas con climas cálidos (Orton *et alii.*, 1997, 249 pp.).

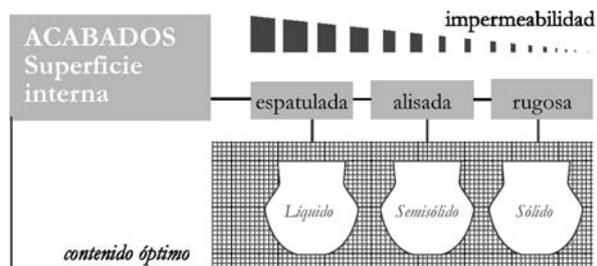


Figura 13. Contenidos óptimos según el grado de impermeabilidad de las paredes internas de los recipientes.

Otro tema sería el de la relación entre la eficacia calorífica y la permeabilidad, y las ventajas que implican ciertos tratamientos de la superficie. Por ejemplo, los tratamientos de la superficie impermeabilizantes (espatulados, bruñidos, engobes...) incrementan la eficacia calorífica y al mismo tiempo se retienen las ventajas de los materiales porosos (Shiffer, 1990). Datos interesantes para completar las posibilidades de uso.

Con el estudio de la pasta se puede averiguar bastante acerca del uso final de los recipientes, en concreto sobre las propiedades térmicas -resistencia térmica y eficacia calorífica-, la fuerza mecánica y la porosidad. Es importante controlar estos parámetros para que una vasija a la intemperie no se rompa o que la olla durante la cocción no se agriete por ejemplo. Según Rye (1976) si se manipulan los factores forma, porosidad de pasta y las inclusiones minerales de la arcilla se puede controlar el estrés térmico. Si la pasta tiene poros grandes se producen menos fracturas porque cuando empieza a desarrollarse una quedará interrumpida por el poro. También determinados minerales sufren menos estrés como el feldespato y la calcita frente al cuarzo que tiene un elevado coeficiente de expansión térmica (en Orton et alii, 1997, 248-9 pp.). De otro lado, el aumento de grosor de las paredes también facilita la cocción.

En definitiva, todos estos parámetros podrán ir identificando las posibilidades de uso de cada recipiente.

### Huellas de uso

Además de los casos en los que se ha conservado el contenido, uno de los aspectos que pueden ayudar a inferir sobre la función de las vasijas es la asociación entre la forma y determinadas huellas de uso manifiestas. A menudo se pueden observar restos de hollín en la superficie externa, decoloraciones de las superficies, pequeñas grietas o huellas de rallados, cortados o batidos que sugieren por ejemplo su utilización en contextos culinarios.

### Inclinación de los bordes. Estructura de los cuerpos

Otro aspecto importante es el desarrollo del cuello, en concreto el grado de inclinación. Éste se traduce en la velocidad del vertido: velocidad más controlada si el borde es recto (por ejemplo para beber) y mayor velocidad si es exvasado o abierto. Los vasos pequeños por ejemplo con cuello recto sugieren el consumo individual y los de tamaños medios con bordes exvasados el vertido en otros recipientes más pequeños. Teniendo en cuenta que la inclinación facilita el grado de velocidad en el vertido contenido, estimamos que para el vertido de líquidos basta con un borde recto o semiaabierto, pero para el vertido de sólidos o semisólidos, sería más eficaz el borde exvasado.

Otro tema sería si los cuellos cilíndricos tendría relación con facilitar el tapado con tejido y atado de cordel para tapar y/o conservar el contenido. En este sentido, por poner un ejemplo, las vasijas de tamaño grande con este tipo de cuellos -aparte de las urnas funerarias-, generalmente espatuladas y o bruñidas, servirían para almacenar y conservar determinados contenidos, en teoría líquidos o semilíquidos. Por la proporción de h y H estarían en el grupo de las dinámicas, por lo que el contenido almacenado sería de acceso frecuente, bien inclinándolas, cuyo cuello recto facilita el control del vertido, bien con otro utensilio (cazo, etc.).

Puede ser interesante establecer categorías según la estructura general del cuerpo-cuello más o menos cerrada, cuyos valores se pueden determinar tras la aplicación en casos concretos:

-Inclinaciones mayores de un cierto ángulo ( $n^\circ$ ) dificultan el acceso, que quedaría relegado a elementos como cucharas o cazos o a vertidos esporádicos.

-Inclinaciones en un intervalo  $n1^\circ$ - $n2^\circ$  o cuellos más o menos rectos, son los que facilitan el acto de beber, dato a contrastar con los acabados de las paredes internas.

-Inclinaciones inferiores a  $n^\circ$  cuellos abiertos son idóneos para verter o acceder con cuchara o cazo.

El remate de los bordes puede afinar si facilitarían el vertido, el ajuste de tapaderas (para apoyarlas evi-

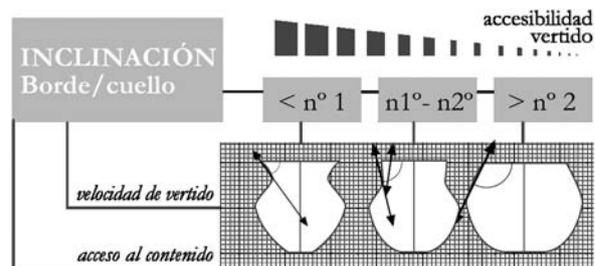


Figura 14. Grados de accesibilidad y de velocidad del vertido en distintos tipos de vasijas.

tando su deslizamiento cuando los bordes están digitados o siendo planos para optimizar su acople, por ejemplo, etc.), si las decoraciones son un elemento estético o funcional, etc. Habría que pensar en qué tipo de productos se tapanían en el recipiente atendiendo a criterios de conservación o a un acceso muy poco frecuente.

En definitiva, un cuello muy cerrado, independientemente de los tamaños, no facilita el acceso a su interior, sino que más bien sería para contener; y por el contrario una forma muy abierta permite el acceso inmediato a su contenido. Y un labio exvasado permite una evacuación rápida frente a uno recto o cerrado.

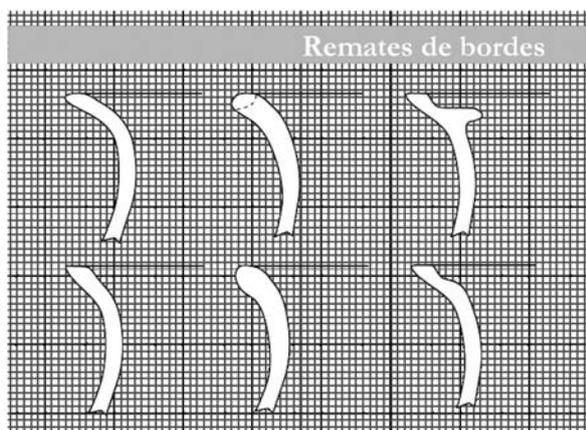


Figura 15. Diferentes tipos de bordes abiertos que pueden indicar el tipo de uso de la vasija, tanto en cuanto a su posibilidad para el apoyo de tapaderas como respecto a los vuelcos del contenido.

Además si los cuellos son cerrados facilitan el almacén dinámico y el transporte -porque hay equilibrio de traslación, de rotación y completo- para el caso de las grandes y las pequeñas. Los recipientes medianos favorecen equilibrio de traslación y entrarían en la categoría de estáticas dinámicas, por ejemplo para servir.

### Contexto. Cronología

Hasta aquí se ha podido hablar de funcionalidades y contenidos potenciales u óptimos. Pero con los datos que proporciona una actividad arqueológica, sea de

prospección sea de excavación, como el ámbito cultural y cronológico al que pertenecen estos recipientes, se puede acceder a otro tipo de información como el de dietas, elementos recolectados, cultivos, influencias o llegada de productos por intercambio, comercio, rutas de comunicación, etc.

Ya se ha explicado que estos aspectos son de aplicación para recipientes de ámbito doméstico, para diferenciar los usos en los tres ámbitos que diferencian este material dejando de lado los claramente rituales como las urnas cinerarias o los recipientes que forman parte de ajuares funerarios:

-almacén. Informa sobre tipos de alimentos a guardar...

-cocina. Informa sobre tipos de alimentos a cocinar, dietas...

-mesa. Informa sobre tipos de alimentos a tomar y el modo en que se toman, acercándonos a los hábitos y usos cotidianos.

Además de los contenidos conservados -restos depositados o incrustados en las superficies- existe otro tipo de testimonio que podríamos calificar de semi-directo. Se sabe que los compuestos orgánicos pueden haber sido absorbidos y retenidos por los materiales cerámicos porosos sin haber dejado huellas visibles en la vasija, pudiendo ser analizados por la técnica de la cromatografía de gases (Evans, 1983-1984), pudiendo concretar la función de estos recipientes. Pero habrá que tener en cuenta que también se han producido absorciones de sustancias por el propio contexto postdeposicional -pozos, vertederos, suelos...- que pueden contaminar la muestra impidiendo la correcta identificación de los ácidos grasos y glicéridos que formaban los compuestos originales (Orton *et alii.*, 1997).

Si no tenemos este tipo de testimonio directo o semidirecto, con las dataciones absolutas o relativas se podrá inferir qué tipos de alimentos pudieron almacenar o cocinar, y por lo tanto qué cultivos había, si hay elementos importados, actividades artesanales...

### Reutilizaciones

Está claro y resulta interesante también observar y documentar las reutilizaciones y reparaciones. Por un lado informan de la voluntad, cuando no de necesidad, de reutilizar un objeto con las características físicas originales o incluso diferentes<sup>19</sup>. Por otro pueden aportar luz acerca sobre aspectos como la necesidad de ese tipo de recipientes para desarrollar las actividades coti-

19. Existen casos, por ejemplo, de platos con pie alto que a pesar de haber perdido el pie se incorporan a la vajilla de mesa como un plato más de la misma.

20. [www.elmundo.es/elmundo/2003/07/25](http://www.elmundo.es/elmundo/2003/07/25).

dianas, limitaciones para manufacturar otra... pero en cualquier caso haciendo hincapié en que la función que desempeñara el recipiente reparado o reutilizado eran básicas en ese momento.

Uno de los ejemplos más claros es el de las ánforas, uno de los recipientes sobre los que más fácilmente constatable es su funcionalidad, en ocasiones incluso con los *tituli picti*, se determina el contenido concreto de cada ejemplar; sin embargo son un caso claro de las reutilizaciones como sistema de aislamiento como el aparecido en Tenerías en Zaragoza<sup>20</sup>, o ser soporte para inhumaciones infantiles tardorromanas como las del Cerro Molinete en Cartagena (Egea *et alii*, 2006) por citar algún ejemplo.

### Conclusiones

La definición y cuantificación de este tipo de características físicas puede ayudar a completar la definición del uso y posibilidades de manipulación de los distintos tipos de recipientes, con la definición de los índices de estabilidad, dinamicidad, accesibilidad, etc.

Su aplicación a yacimientos concretos con contextos cronológico-culturales claros y con secuencias estratigráficas completas permitirá observar el proceso de evolución de determinados rasgos físicos como el grado de sinuosidad y en consecuencia el dinamismo, la intención práctica y estética en las manufacturas o los contenidos potenciales.

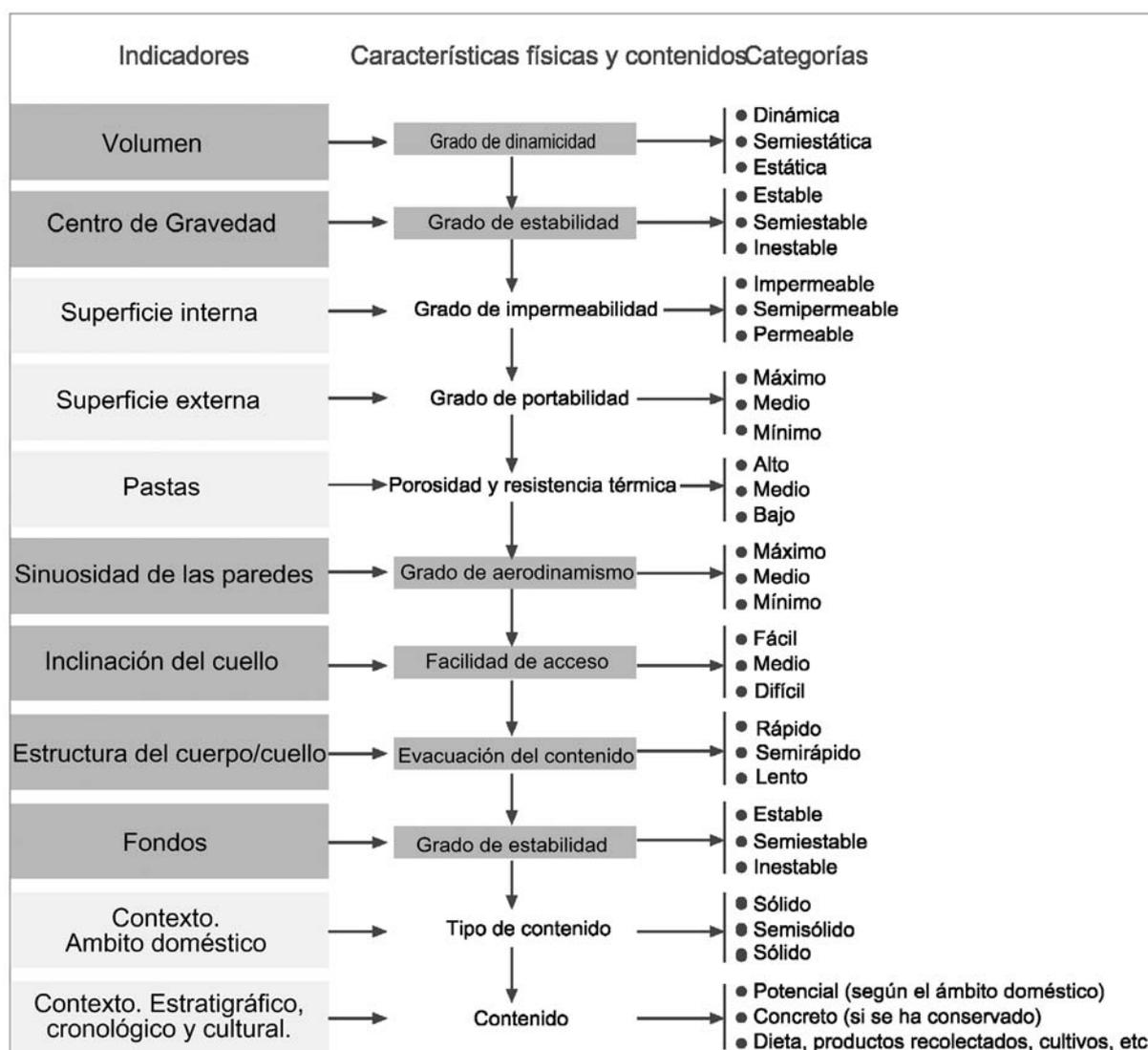


Figura 16. Diagrama final de las características físicas de los recipientes y las categorías resultantes.

La determinación de los volúmenes, cálculo a partir del que se han diferenciado las principales categorías que aísla un grupo de vasijas del resto, esto es, en dinámicas, semiestáticas y estáticas, permite subdiferenciar cada grupo en un diagrama arboriforme según otros indicadores como el centro de gravedad, la superficie interna, la inclinación del cuello y borde, el contexto de aparición y el ámbito cronológico y cultural. En la figura 16 se esquematizan estos aspectos.

Estos resultados serán el punto de partida para establecer variables e índices que definan mejor cada recipiente y, a partir de ahí, su agrupación, no ya únicamente formal, sino integrando todos los aspectos físicos analizados.

Las posibilidades que se plantean para los análisis son múltiples. Se pueden establecer coeficientes de llenado para los distintos grupos o tipos de recipientes. Una vez establecido el volumen diferencial de la vasija con su caja de abarque, tras el que obtenemos un índice, veámos que era significativo en cuanto a su dinamismo o incluso respecto a aspectos estéticos. Su aplicación a yacimientos con amplio espectro cronológico puede ayudar a explicar si la aparición de nuevas formas a lo largo del tiempo tiene relación con nuevos productos a almacenar, transformar, elaborar, cocinar o consumir y por tanto con la incorporación de nuevos cultivos, nuevas elaboraciones, dietas, importaciones... Hay que pensar que generalmente no se han conservado todo tipo de contenedores, es decir, se pudieron utilizar de cestería, madera, telas... lo que quizás habrá que tener en cuenta para la asignación a los recipientes cerámicos de una tipología de productos contenidos quizás menos variada.

Con el dato de las masas de las grandes vasijas y centros de gravedad se pueden reconstruir las posibilidades de acceso a su contenido, mediante un ligero vuelco, mediante otro utensilio o la posibilidad de que su manipulación fuese individual o no...

La comparación de los índices en los distintos tipos de viviendas en un mismo poblado, en cuanto a recursos se refiere o a otros aspectos, podría indicar el carácter más práctico o no de los recipientes según la condición social, actividades diferenciadas...

Con la aplicación en un número sustancial de recipientes se pueden crear bases de datos con los índices representativos de cada categoría, de manera que en la ficha descriptiva de cada vasija se puedan añadir aspectos como: dinámica, estable, acceso fácil, eva-

cuación del contenido rápido, impermeable, contenido óptimo líquido. Podría ser el caso de un vasito encontrado en una estancia de cocina. Si en el ambiente cronológico al que pertenece existen determinadas posibilidades de contención de este vaso se puede argüir que serviría para beber concretamente agua, vino, cerveza, caldo, etc.

Se ha dicho que sería importante ver si la evolución cronológica supone nuevas estéticas más o menos funcionales para lo que se aconsejaba analizar los materiales de un yacimiento con una estratigrafía completa. Pero si vamos obteniendo datos e índices de otros lugares podrán ser el referente para lugares con un único momento de ocupación.

También es sugerente plantear –si diacrónicamente cambian las formas y la estructura de las viviendas y las actividades económicas que desarrollan permanecen prácticamente invariables ¿habría que pensar que tal evolución se debe a una diversificación de productos a almacenar y elaborar?–. Lo cierto es que las comunidades demuestran su gran capacidad de adaptación y resolución de problemas en el momento- por ejemplo en asuntos urbanísticos- por lo que con las vasijas podría ocurrir lo mismo, la diferencia es que resulta mucho más fácil crear una forma cerámica adaptada a un uso concreto porque la repercusión en cuanto a posibilidades, medios y tiempo es inferior que las rectificaciones urbanísticas, a pesar de que se constatan numerosas ampliaciones, reajustes del espacio... igualmente.

Aunque pueden obtenerse interesantes resultados con este tipo de mediciones también debemos ser críticos. ¿En qué medida se puede hablar de criterios funcionales, estéticos...? ¿y si se busca la armonía en las formas, o simplemente son modas que adaptan a sus necesidades cotidianas?. Porque lo cierto es que -y siguiendo las apreciaciones de Arnheim en sus estudios sobre percepción y pensamiento visual (1976, 1979)- los actos pueden estar determinados por las condiciones de vida del hombre, pero el momento cultural y cronológico marca los niveles de agrado de una persona y sus deseos de permanecer en un espacio con unos enseres determinados, y de él dependerá de la manera en que se exprese el encuentro de múltiples factores existentes en un lugar, lo cual podría llevarnos a plantear que se podría tratar más de un problema de sensaciones que de conciencia de medidas, tamaños y formas reales.

## Bibliografía

- Alegre, E. y Calvo, J.C. (2002). Métodos matemáticos aplicados al estudio de los materiales cerámicos de Segeda. *Bolskan* 19, pp. 221-226.
- Arnheim, R. (1976). *El pensamiento visual*. Eudeba. Buenos Aires.
- Arnheim, R. (1978). *La forma visual de la arquitectura*. Colección Arquitectura/Perspectivas. Barcelona.
- Arnheim, R. (1986). *Arte y percepción visual. Psicología del ojo creador*. Alianza. Madrid.
- Calvo, J.C. (2001-2002). Capacidad de los kalathos de Segeda I. *Kalathos* 20-21, pp. 213-214.
- Egea, A., De Miguel, L., Martínez, M. y Hernández, R. (1986). Evolución urbana de la zona Morería. Ladera occidental del Cerro Molinete (Cartagena). *Mastia*, Revista del Museo Arqueológico Municipal de Cartagena, 5.
- Enciclopedia Encarta 2000, Microsoft. 1998-99. Multimedia CD-ROM.
- Fernández, G. (2000). *El kalathos "sombbrero de copa" ibérico en el País Valenciano. El kalathos "de cuello estrangulado" del Museo Arqueológico de Villena: dos bases para un sistema métrico ibérico*. Villena.
- García, J. y Cahiza, P.A. (1995-1996). Análisis y experimentación cerámica: el índice de absorción como indicador tecnotipológico. *Anales de Arqueología y Etnología*, 50-51. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, 1999.
- Guía de Autocad 2002. Autoclesk*.
- Kampel, M. y Melero, F. J. (2003). Virtual vessel reconstruction from a fragment's profile. In D. Arnold, A. Chalmers, F. Niccolucci ed., 4<sup>th</sup> *International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage. Eurographics Workshop Series*, Brighton, 79-88 pp.
- Melero, F. J., León, A. y Torres J.C. (2003 a). Un sistema interactivo de reconstrucción y dibujo de cerámica arqueológica. *Congreso Español de Informática Gráfica (CEIG)*.
- Melero, F. J., León, A. y Torres J.C. (2003 b). On the interactive 3D reconstruction of iberian vessels. In D. Arnold, A. Chalmers, F. Niccolucci ed., 4<sup>th</sup> *International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage. Eurographics Workshop Series*, Brighton, 71-78 pp.
- Melero, F. J., León, A., Contreras, F. y Torres J.C. (2003). A new system for interactive vessel reconstruction and drawing. In W.Börner ed. *Enter the past: Computer applications in archaeology. Bar International Series*, 1227, Oxford, 78-81 pp.
- Melero, F. J., Cano, P. y Torres J.C. (2004). Reconstrucción interactiva de cerámica arqueológica. Plataforma avanzada de modelado paramétrico en CAD, 315-332.
- Orton, C., Tyers, P. y Vince, A. (1997). La cerámica en arqueología. *Crítica*, Barcelona, 309 p.
- Pellicer I Bru, J. (1997). *Repertorio paramétrico-metrológico antiguo*. Asociación Numismática Española. Barcelona/Madrid.
- Revista electrónica de enseñanza de la ciencias (2005), Vol. 4 nº 1.
- Rodanés, J.M y Sopena, M. C. (1998). El Tozal de Macarullo (Estiche, Huesca). *Tolous* 8. Cehimo.
- Schiffer, M.B. (1990). The influence of surface treatment on heating effectiveness of ceramic vessels. *Journal of Archaeological Science*, 17 (4), PP. 373-382.
- Sheppard, A.O. (1965). *Ceramics for the archaeologist. Carnegie Institute of Washington*, Washington.
- Plog, S. (1980). *Stylistic variation in prehistoric ceramics: design analysis in the American Southwest*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Woods, A. J. (1986). Form, fabric and function: some observations on the cooking pot in antiquity, en W. D. Kingery, ed., *Technology and style. Ceramics and Civilisation*, 2, American Ceramics Society, Columbus, Oh., pp. 157-172.