



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

## “DISEÑO DE UN AULA VIRTUAL DE DESARROLLOS GEOMÉTRICOS. SELECCIÓN DE CONTENIDOS”

AUTOR <b>JESÚS MORENO ROLDÁN</b>
TEMÁTICA <b>TIC EN FABRICACIÓN MECÁNICA</b>
ETAPA <b>FORMACIÓN PROFESIONAL</b>

### RESUMEN

Este artículo aborda el diseño de un entorno de aprendizaje virtual para el módulo del CFGM de Soldadura y Calderería denominado Desarrollos Geométricos en Construcciones Metálicas. Debido a la amplitud del tema y al grado de detalle que se pretende alcanzar, éste es el cuarto de cuatro artículos y trata de la selección de contenidos para la plataforma.

### PALABRAS CLAVE

Desarrollos Geométricos.

TIC.

Plataforma de Aprendizaje Virtual.

### 1. INTRODUCCIÓN

Llega el momento de seleccionar los contenidos que integrarán cada una de las unidades didácticas enunciadas (aquí y en sucesivas referencias, ver artículos anteriores citados en bibliografía). Para ello se plantean una serie de criterios que permitirán discriminar, entre los numerosos desarrollos que pueden encontrarse en la bibliografía, los más adecuados para el módulo.

### 2. CRITERIOS DE SELECCIÓN

El número de desarrollos que incluye cualquiera de los manuales de trazado en calderería existentes conduce a la necesidad de determinar cuáles de ellos deberán incluirse como contenidos del curso. Se ha de tener presente que, para su correcta comprensión, cualquier desarrollo que se trabaje en un ciclo formativo debe ser realizado por los alumnos. En este caso, todos los desarrollos que integren los casos reales que articularán los contenidos del módulo deben ser dibujados mediante un programa de DAO lo que ralentiza el ritmo de la clase. Sin embargo, este ritmo pausado no es, en realidad, un inconveniente, sino una ventaja. Los alumnos con más carencias o dificultades podrán seguir la clase manteniendo su motivación, mientras que sus compañeros más avanzados podrán profundizar en la materia gracias a los ejercicios adicionales de la plataforma virtual.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 20 – JULIO DE 2009

Para determinar los contenidos se plantean una serie de criterios de selección. Algunos de ellos ya han sido mencionados en artículos precedentes y se amplían o acotan a continuación, otros se introducen por primera vez.

## 2.1 Significación del desarrollo

Este primer criterio hace referencia al trazado del desarrollo de ciertas piezas que, utilizado DAO, no tienen sentido alguno.

El ejemplo paradigmático es el desarrollo de una virola cónica recta de vértice inaccesible, en particular, o cualquier desarrollo de vértice inaccesible en general. Este trazado carece de sentido por dos motivos:

- En cualquier caso, aproximando el desarrollo a partir de tres trapecios de dimensiones similares al alzado de la virola (Olave Villanueva, 2000); porque es un método extremadamente inexacto y el desarrollo puede ser resuelto por triangulación (ver Ilustración 1).
- Usando DAO, por triangulación (Lobjois, 2004) ya que este método tiene una exactitud inherente que se elimina con DAO al permitir realizar el desarrollo como el de un cono recto convencional. Es obvio que en un ordenador (matemáticamente) no hay ningún cono de vértice inaccesible. Resulta curioso constatar que la única solución exacta que da la bibliografía utilizada (Cotant, 1968) se encuentra en el libro más antiguo, se denomina *solución matemática* y consiste en calcular la generatriz del cono, es decir, el radio del sector de corona circular que es el desarrollo (ver Ilustración 2).

Unir la salida de humos de una máquina con  $\varnothing$  600 mm, con un orificio concéntrico hecho en el techo de  $\varnothing$  800 que está 800 mm por encima.

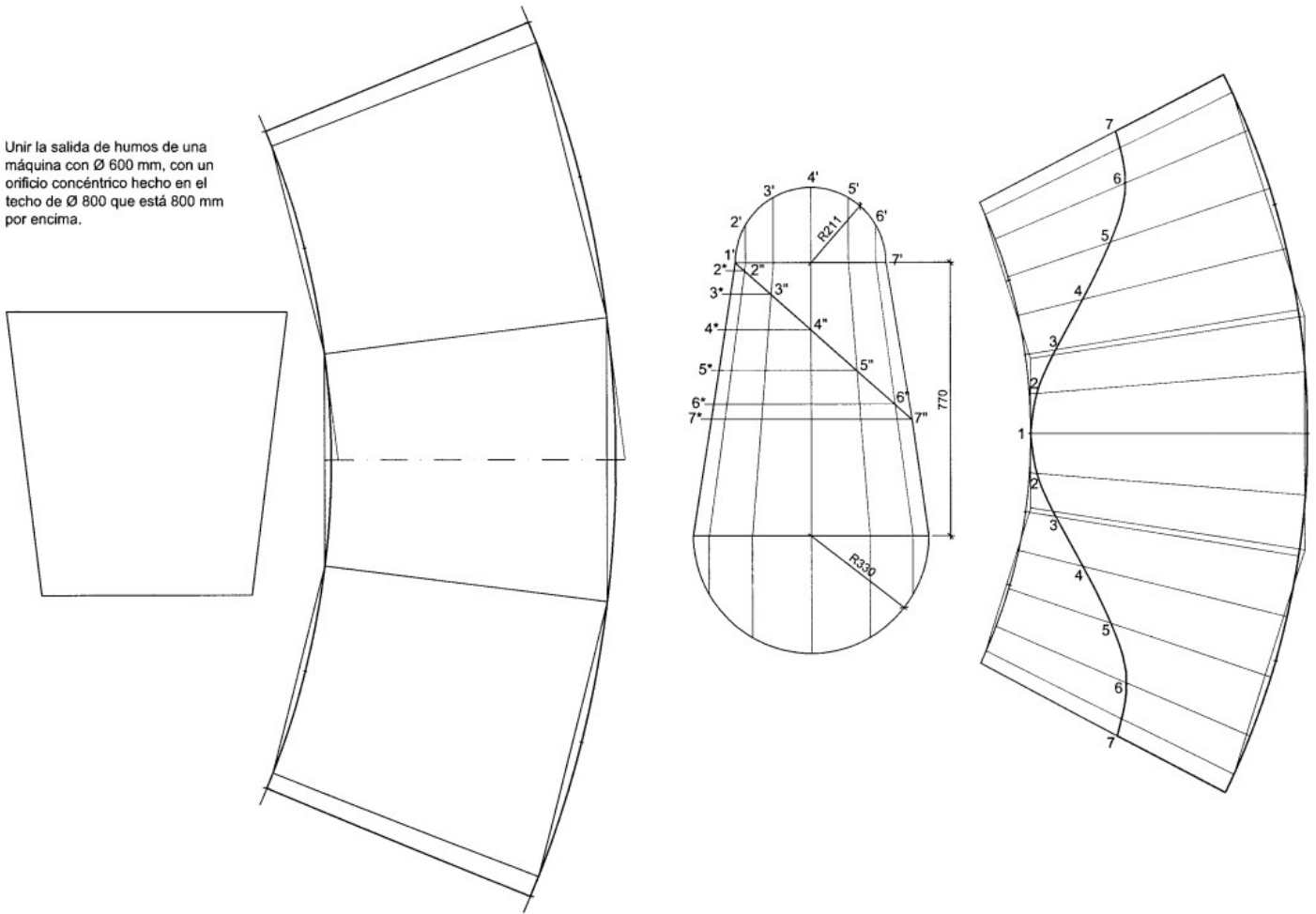


Ilustración 1. Aproximación del desarrollo de la virola de vértice inaccesible por trapecios.

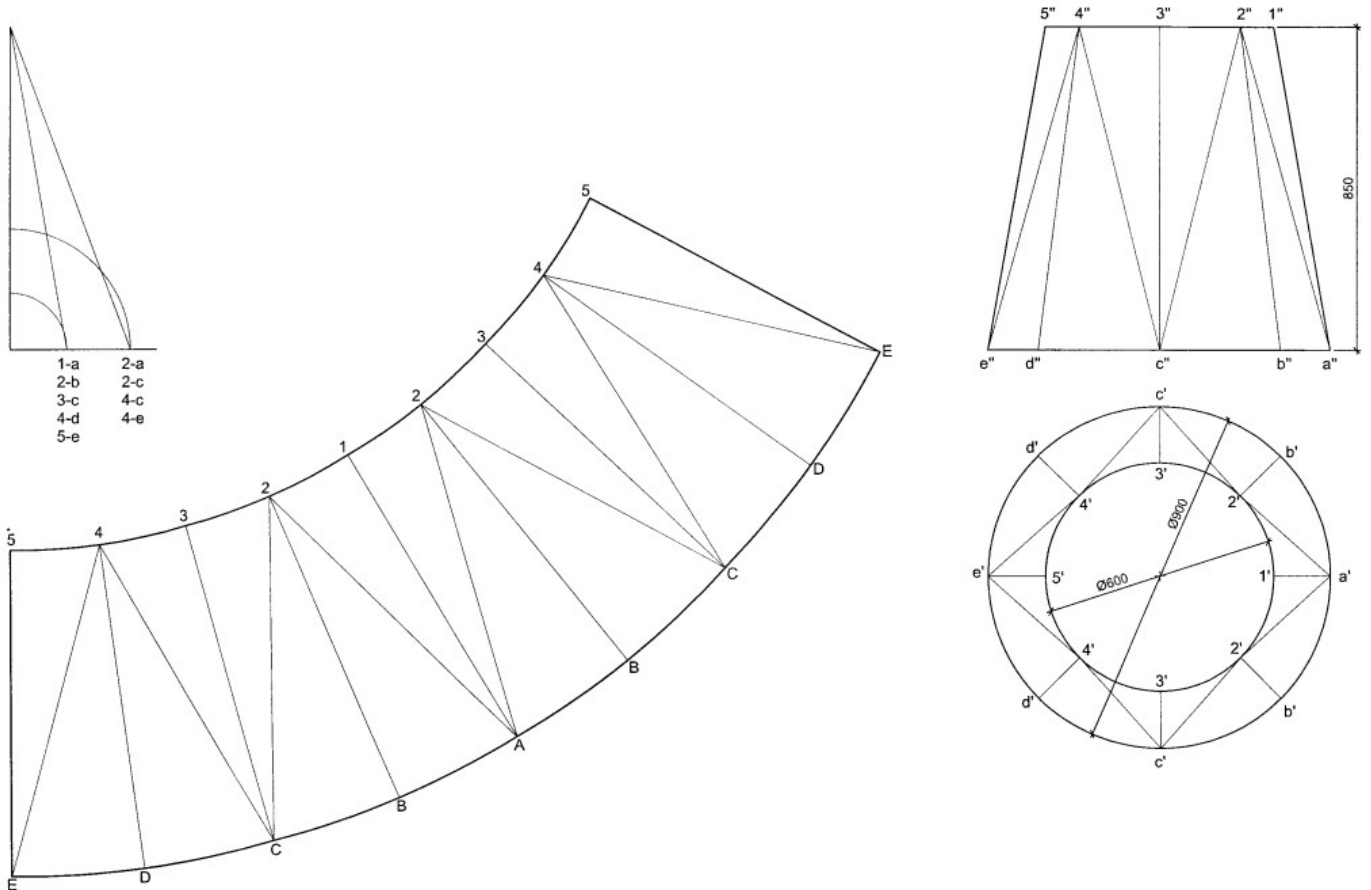


Ilustración 2. Desarrollo de la virola de vértice inaccesible por triangulación.

## 2.2 Utilización de la pieza

Este segundo criterio de selección pretende eliminar de la programación algunos desarrollos que tradicionalmente se explican, pero que en la realidad se utilizan con muy poca frecuencia y, en la mayoría de los casos, son difícilmente fabricables en un taller convencional.

El ejemplo más significativo es el codo cónico, es decir, un codo de sección variable constituido por segmentos cónicos que incluso se utiliza de portada a alguna bibliografía. Esta pieza sirve, además de para realizar un cambio de dirección en una conducción, para:

- Producir un cambio de velocidad de un fluido. Una aceleración si éste circula de la mayor a la menor sección, o una deceleración en el caso contrario.
- Disminuir la sección del conducto, para mantener la velocidad constante, como consecuencia de la disminución del caudal del mismo si tiene una derivación injertada en el propio codo.

En cada uno de los dos casos, el codo cónico puede ser sustituido por:

- Un codo cilíndrico, de sección uniforme y constituido por cilindros, y una o dos virolas cónicas rectas en cuyo interior se produzca la variación de la velocidad del fluido.
- Un codo cilíndrico y una bifurcación cónica que produzca la derivación.

En ningún momento se afirma que este tipo de piezas en la práctica carezcan de interés, sino que puestos a elegir las que incluir como contenidos del módulo, quedarán postergadas a consecuencia de las limitaciones de tiempo.

### 2.3 Económico-práctico

Este último criterio de selección plantea la circunstancia, ya mencionada, de que no todas las piezas que se utilizan en un taller se fabrican en él. Dependiendo del taller, puede no interesar fabricar una determinada pieza por dos motivos fundamentales:

- Porque la maquinaria necesaria para su conformado o para su unión no está disponible debido a la baja relación carga de trabajo – coste que tendría.
- Porque, no siendo una pieza sencilla, se fabrica con muchas medidas diferentes y habría que disponer de un elevado número de plantillas para producirla.

Un ejemplo de este tipo de piezas sería una virola cónica (Ilustración 1 e Ilustración 2) que hay que conformar con una curvadora cónica y trazar con una plantilla distinta para cada medida. Además, este tipo de piezas tampoco puede ser elaborado en la mayoría de los talleres de los ciclos formativos debido a que no están dotados de curvadoras cónicas.

Otro ejemplo es el caso de los codos cilíndricos (ver Ilustración 3). En este caso el desarrollo, por seguir una geometría toroidal, está necesariamente compuesto por varias secciones cilíndricas. La fabricación de cada una de estas secciones no presenta ninguna dificultad especial, el problema reside aquí en el sistema de unión entre las mismas.

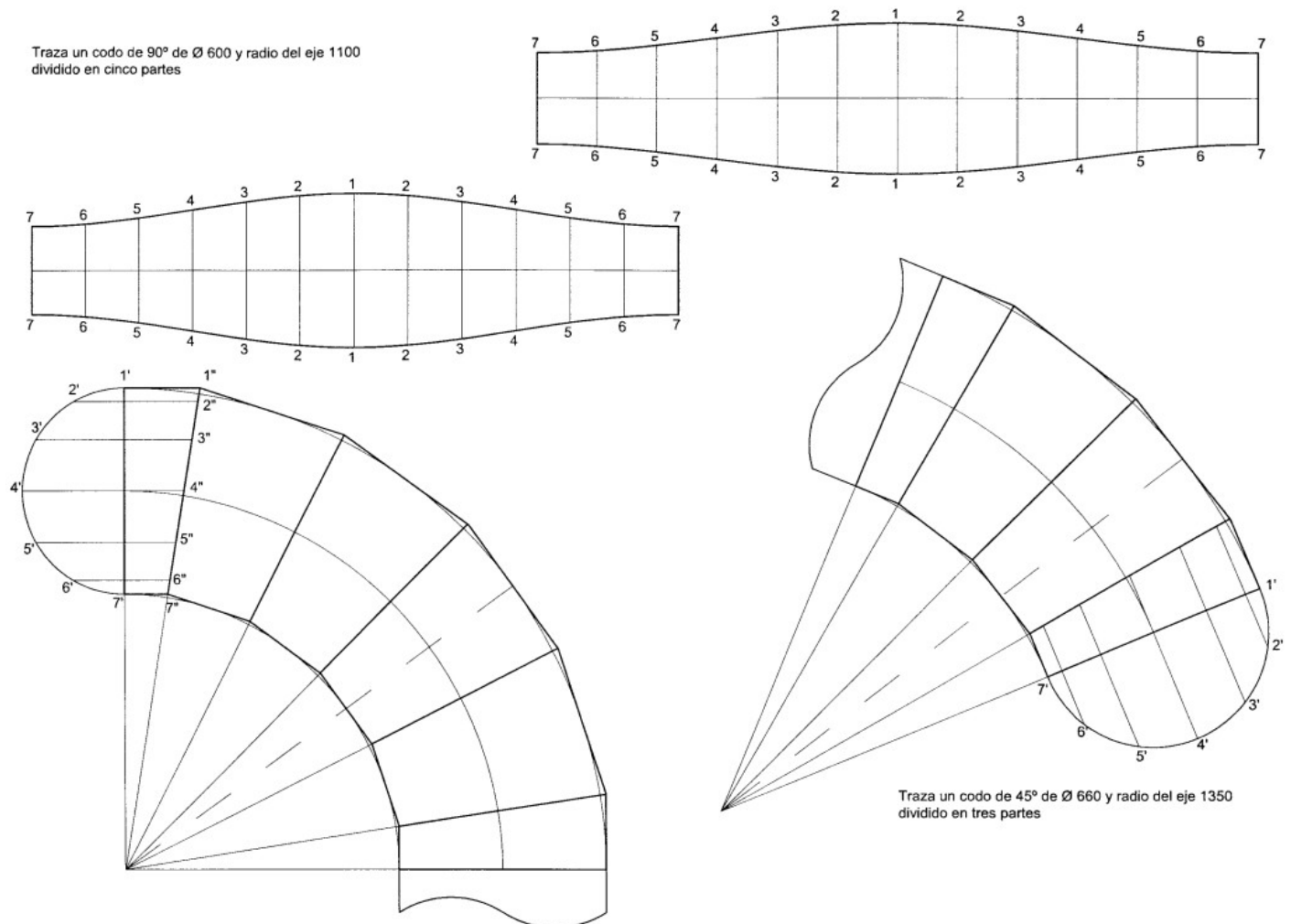


Ilustración 3. Trazado y desarrollo de dos codos cilíndricos.

Un ejemplo más es el de las virolas que sirven de transición entre una boca circular y una poligonal (normalmente cuadrada o rectangular) o viceversa. Estas piezas, con un poco de práctica, pueden ser fabricadas manualmente mediante una curvadora y una plegadora. El problema se presenta cuando deben ser realizadas con muchas medidas diferentes, porque en ese caso hay que trazar y mantener un elevado número de plantillas (ver Ilustración 4).

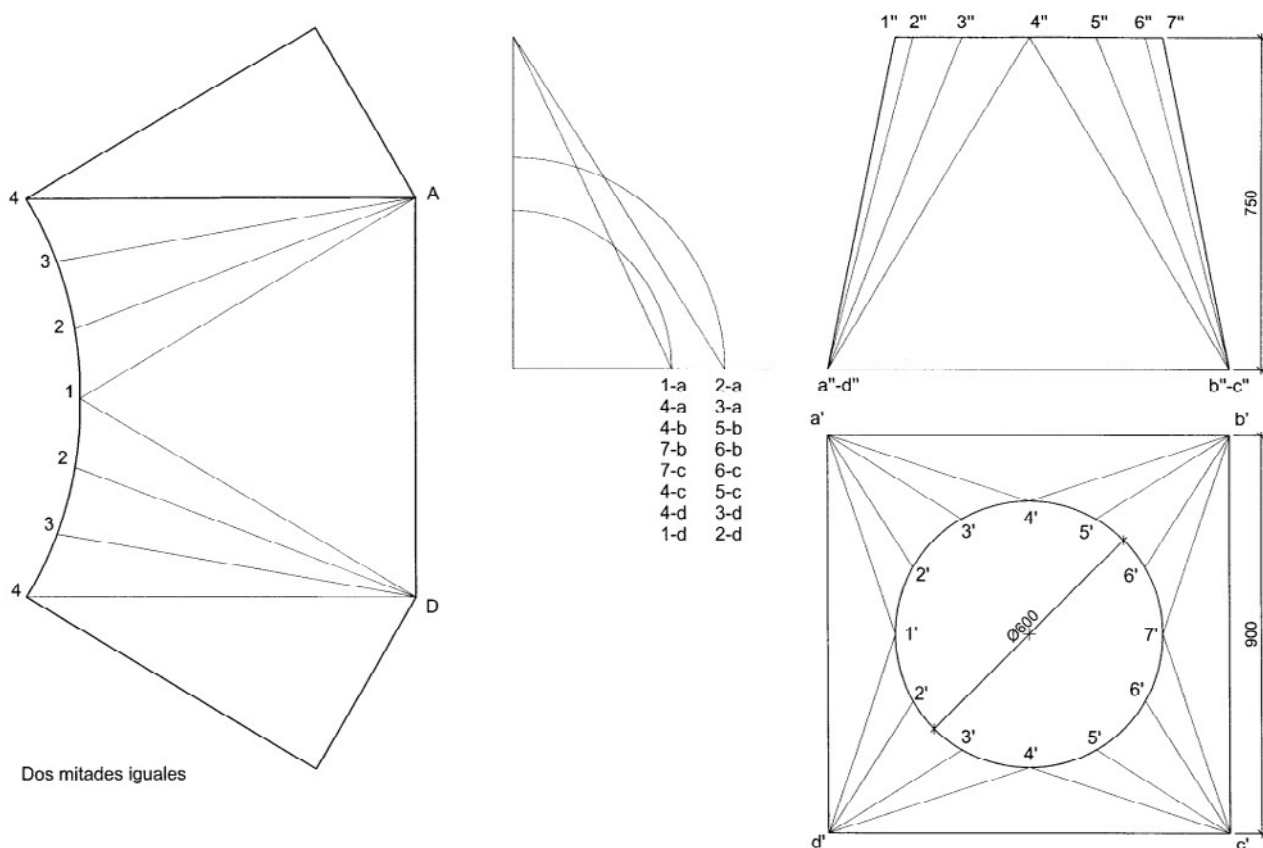


Ilustración 4. Desarrollo de una virola cuadrado-circular.

En cualquiera de los tres ejemplos anteriores, dependiendo de las circunstancias comentadas, puede resultar más rentable comprar la pieza que fabricarla; sin embargo, de este hecho no puede deducirse que los desarrollos referidos no deban estar incluidos entre los contenidos del curso. Son varias las razones que fundamentan esta afirmación:

- Los tres tipos de piezas reseñadas se utilizan con mucha frecuencia y, aunque en ciertos casos se compran y no se fabrican, no parece lógico que no estén incluidas en los contenidos del módulo.
- En caso de necesidad, como el retraso de un suministro, cualquier taller puede necesitar elaborar manualmente piezas que habitualmente compra.
- Obviamente hay empresas que se dedican a fabricar las piezas que otras compran; de hecho estas empresas fabrican cualquier tipo de piezas, tanto las complicadas, como las sencillas. Aunque este tipo de producción está bastante automatizada y el trazado de los desarrollos está encomendado a técnicos universitarios, uno de grado medio que trabajara en una de estas empresas debería estar familiarizado con desarrollos tan usuales.





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

Se concluye, por tanto, al contrario de lo que inicialmente podría parecer, que este criterio no conduce a discriminar qué piezas se incluirán entre los contenidos y cuales no. Según lo expuesto en los ejemplos será el criterio de utilización de la pieza en el que rija en última instancia.

#### 2.4 Contenidos de calderería para Desarrollos geométricos

Como fruto de la aplicación de los criterios reseñados, en esta sección se explicitan los desarrollos que integrarán cada una de las unidades didácticas de la programación que están relacionadas directamente con la calderería (de la 6 a la 11). Se ha puesto el foco en estas seis unidades porque es sobre ellas sobre las que la bibliografía presenta más carencias. Es fácil encontrar materiales didácticos en libros de texto sobre áreas y volúmenes, trigonometría, normalización o vistas; sin embargo no existen materiales didácticos de calidad acerca de desarrollos de calderería. Aunque es cierto que hay bibliografía disponible, la mayor parte de ella son reediciones de libros de hace más de 30 años en las que apenas cambian las imágenes de los desarrollos. Como ya se ha referido con anterioridad, en la bibliografía no se discrimina entre desarrollos de mayor o menor importancia según su uso y éstos se clasifican de forma sistemática, en función de su geometría, sin atender a su funcionalidad, ni comentarla. En la Tabla 1 se indican los desarrollos que en función de los criterios referidos se han seleccionado para cada una de las unidades didácticas.

<b>6. Desarrollo de tubos rectangulares y campanas</b>	
Tubo recto con corte oblicuo Tubo oblicuo Tubo oblicuo con corte oblicuo Campana de tres paredes verticales	Campana de esquina (dos paredes verticales) Campana de una pared vertical Campana centrada
<b>7. Desarrollo de tubos cilíndricos</b>	
Tubo corte oblicuo Codo 90° Codo	Tubo con dos cortes oblicuos Bifurcaciones
<b>8. Desarrollo de injertos entre tubos cilíndricos</b>	
Injerto de tubos perpendiculares centrados Injerto de tubos oblicuos centrados	Injerto de tubos perpendiculares descentrados Injerto de tubos oblicuos descentrados
<b>9. Desarrollo de virolas cónicas</b>	
Virola cónica recta con corte recto Virola cónica recta con corte oblicuo	Virola cónica oblicua con corte recto Virola cónica oblicua con corte oblicuo
<b>10. Desarrollo de intersecciones</b>	
Codos cilíndricos segmentados Tubo de descarga de tolva (intersección de cilindro y cono con una generatriz común) Bifurcación cónica (intersección de cilindro y cono de ejes perpendiculares)	
<b>11. Desarrollos por triangulación</b>	
Tolva cuadrado – círculo Tolva círculo – cuadrado Virola recta Virola oblicua	Tolva círculo – rectángulo Tolva cuadrado – círculo de bases no paralelas Virola recta de bases no paralelas.

Tabla 1. Contenidos propuestos para las unidades didácticas de calderería

De nuevo se quiere recordar que estos contenidos no se trabajarán en clase sistemáticamente y al margen de su utilización real, sino a través de casos prácticos.

### 3. CUESTIONES PRÁCTICAS

Para terminar este artículo y con él el desarrollo teórico de este trabajo, se presentan algunas cuestiones relacionadas con el trazado de los desarrollos que surgen de tomar en consideración los procesos de fabricación en calderería. Estas cuestiones son frecuentemente ignoradas o planteadas de forma poco didáctica por la bibliografía existente.

#### 3.1 Consideraciones relativas al trazado

Tradicionalmente los problemas de exactitud y de precisión han sido el caballo de batalla del trazado de desarrollos en calderería. La exactitud hace referencia a las aproximaciones inherentes al método de desarrollo, mientras que la precisión se refiere a los errores de trazado, debidos a las herramientas de dibujo o al operario. Con la introducción del DAO, los errores de precisión se han solucionado ya que un trazado realizado con ordenador se puede decir que es preciso. En realidad, la precisión no es total y depende del periférico de salida que puede ser una impresora, un plotter, o directamente un equipo de corte automatizado. En cualquier caso la precisión ha dejado de ser un problema del que realiza el desarrollo para pasar a serlo del que fabrica el equipo de impresión o de corte. A continuación se ofrecen dos ejemplos para distinguir estos conceptos y valorar su importancia.

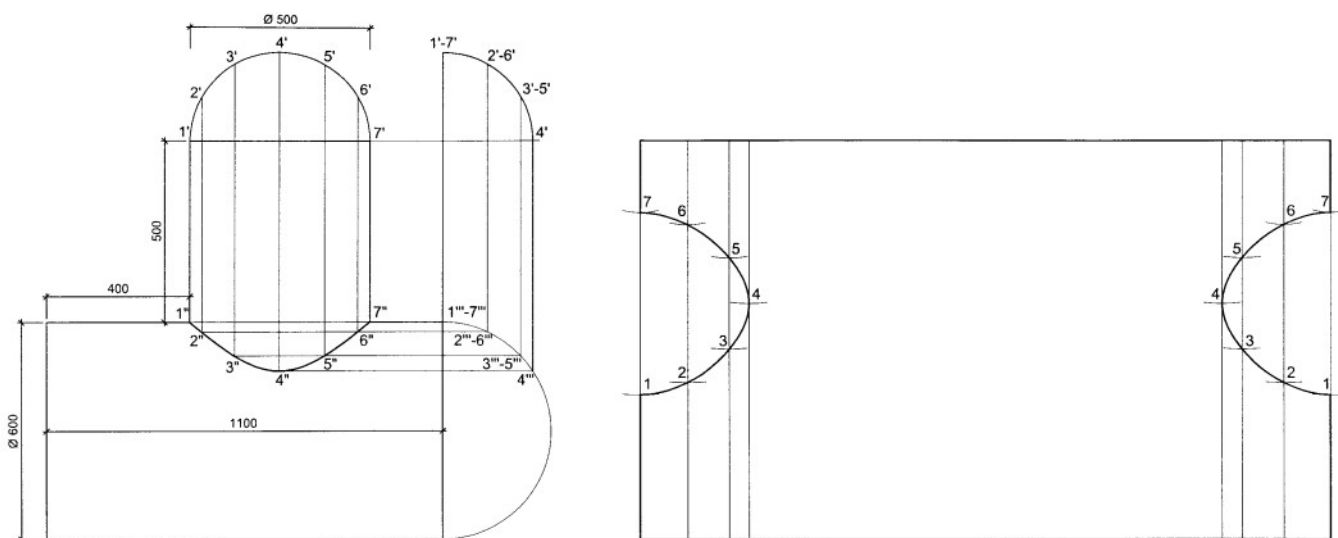


Ilustración 5. Desarrollo del injerto de tubos cilíndricos de ejes perpendiculares.

En un injerto cilíndrico, por ejemplo el más sencillo de tubos perpendiculares y centrados (ejes perpendiculares), para trazar el desarrollo del tubo que sufre la penetración es necesario medir las longitudes de varios arcos de circunferencia y después transportarlas al desarrollo sobre una línea recta. En la Ilustración 5 hay que medir las distancias 1'''- 2'''- 3'''- 4'''. Si el trazado se ejecuta de forma manual la medida debe realizarse con una regla flexible o con un trozo de hilo. Aunque teóricamente ésta podría ser obtenida con exactitud, cualquier operario incurrirá en una cierta imprecisión como consecuencia del procedimiento de medida. Si se utiliza un programa de DAO, las longitudes podrán determinarse con exactitud (internamente se calcularán matemáticamente) y el trazado será preciso.



En el caso de una virola oblicua de bases paralelas (ver Ilustración 6), el desarrollo se podría realizar por triangulación o por el método específico; en cualquiera de los dos casos se presenta el mismo problema. Por ejemplo, para realizar el desarrollo por el método específico, es preciso medir la longitud de un arco de circunferencia para después transportarla varias veces sobre distintas líneas curvas, cuya forma no se conoce y que están delimitadas por arcos concéntricos. En este caso la longitud de la curva puede ser determinada fácilmente al ser la doceava parte de la longitud de la circunferencia de la base (si se divide ésta en 12 partes); no existen, por tanto, problemas de precisión al margen de los instrumentales que tiene cualquier trazado a mano. Sin embargo, al tener que trazar esa medida sobre una línea curva no determinada surge un problema de exactitud ya que matemáticamente no hay solución. Lo que la bibliografía propone para el dibujo manual es trazar la medida, entre las circunferencias concéntricas límite, con una regla flexible. De este modo se pretende solucionar una inexactitud con el uso de un procedimiento muy impreciso. Utilizando DAO, como se muestra a continuación, y trazando la distancia como un simple arco de circunferencia se obtiene un error total menor que el 0,2 %.

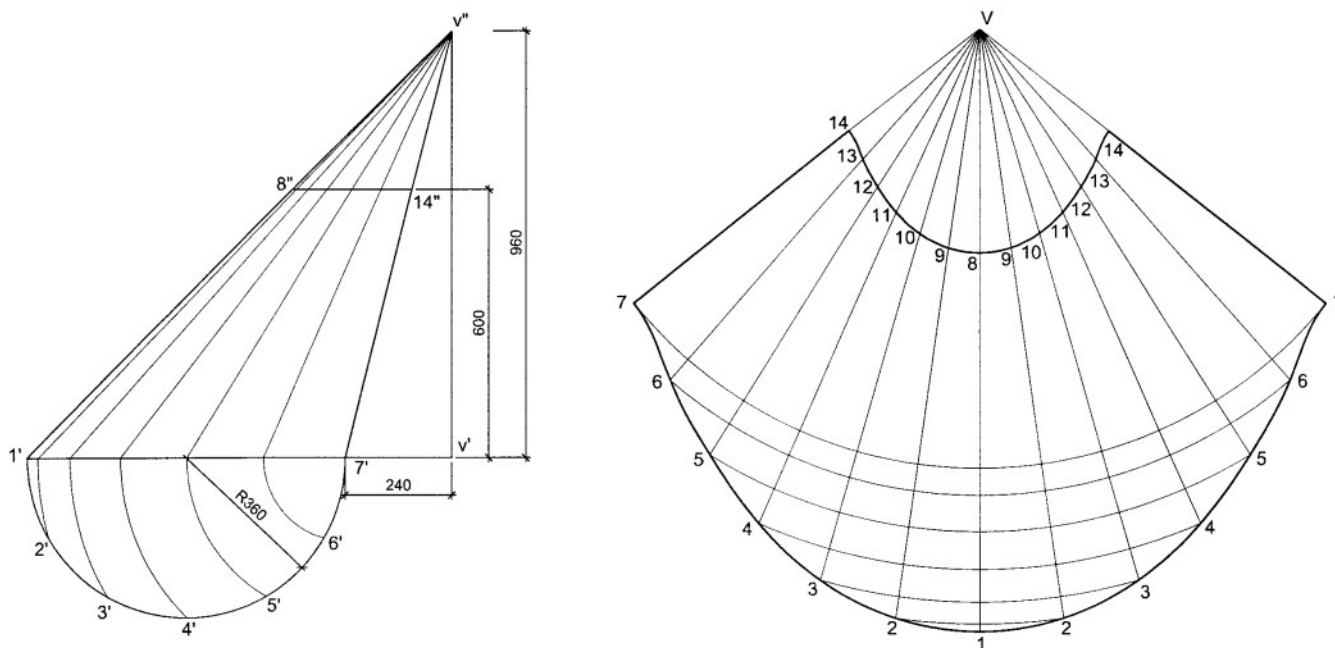


Ilustración 6. Desarrollo de una virola oblicua por el método específico

Con las medidas de la Ilustración 6, la doceava parte de la longitud de la circunferencia de la base es de 188,50 unidades. Si se trazan los arcos en el desarrollo como se ha descrito, las longitudes de los arcos y el error de las mismas es el que aparece en la Tabla 2 que resulta aceptable.

7 - 6	6 - 5	5 - 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	Total
188,49	188,49	188,67	189,00	189,19	189,30	1133,14
- 0,01 %	- 0,01 %	0,09 %	0,27 %	0,37 %	0,42%	0,19%

Tabla 2. Error en el trazado de una virola oblicua con el procedimiento propuesto

Como conclusión afirmar que cuando un desarrollo pueda ser trazado con diferentes métodos se elegirá el más exacto, el que presente menos aproximaciones, ya que la precisión en la ejecución queda garantizada por el DAO. Cuando se dibujaba a mano había que llegar a un compromiso entre

exactitud y precisión para elegir el método que daba un desarrollo con menos error. Al margen, se quiere hacer constar que este tipo de consideraciones no aparecen explícitas en la bibliografía.

### 3.2 Consideraciones relativas al corte

Dos son las cuestiones relativas al corte a las que se hace referencia en esta sección: el trazado en desarrollo de piezas contiguas y la ubicación de los orificios de penetración en los desarrollos.

#### 3.2.1 Trazado en desarrollo de piezas contiguas

En algunas ocasiones, especialmente en los codos segmentados constituidos por varios elementos, algunos textos suelen presentar los desarrollos de cada una de la virolas trazados unos a continuación de otros (ver Ilustración 7). Pretenden así mostrar que el límite de cada una de las secciones es complementario con el de la sección siguiente y, quizá, proponer un aprovechamiento máximo de la chapa. Pero eso hay que cortarlo y, por ejemplo, con un procedimiento tan extendido como el corte por plasma habría que dejar una separación entre las distintas piezas de algunos milímetros. De hecho, habría que tomar en consideración el espesor de la chapa a cortar para, en función del diámetro de la boquilla necesaria, establecer la separación.

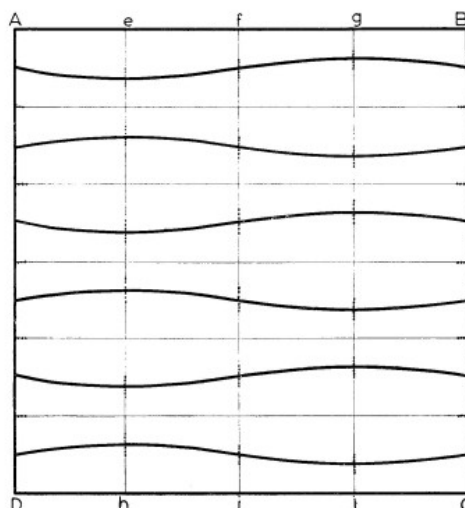


Ilustración 7. Desarrollo de codo cilíndrico segmentado (Lobjois, 2004)

#### 3.2.2 Posición de los orificios

Cuando en el desarrollo de una pieza se ha de trazar un orificio para que se produzca la penetración o mordedura de otra, la bibliografía coloca el orificio en el centro del desarrollo. Si se vuelve al injerto de tubos cilíndricos de ejes perpendiculares, el desarrollo del tubo de mayor diámetro que muestra la Ilustración 8 está tomado de Larburu Arrizabalaga (1979). El problema que presenta es la dificultad que supone ejecutar su corte. Por el contrario, si el orificio se traza en los extremos, medio en cada extremo (ver Ilustración 5), cualquier técnica de corte es válida para eliminarlo del desarrollo. Obviamente, no existe ninguna diferencia de procedimiento entre trazarlo en el centro o en los extremos, pero parece lógico que si en el taller se traza en los extremos, en los materiales curriculares del módulo se coloque en ese lugar.

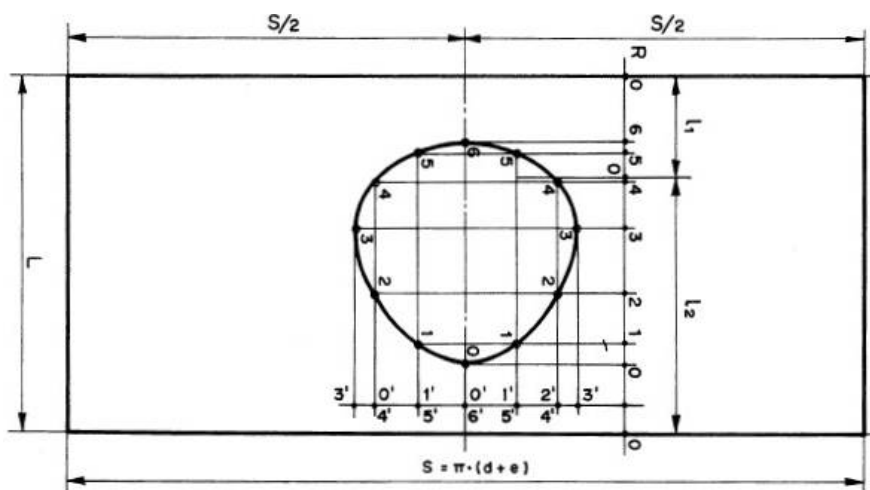


Ilustración 8. Desarrollo del tubo de un injerto de tubos cilíndricos de ejes perpendiculares (Larburu Arrizabalaga 1979).

### 3.3 Consideraciones relativas al conformado

En esta sección se realizan consideraciones relativas al espesor de la chapa y a las limitaciones que algunos procesos de conformado, como el plegado, introducen en el trazado.

#### 3.3.1 Espesor de la chapa

La cuestión más importante relativa al conformado es que las chapas tienen espesor. Algunos autores (Olave Villanueva 2000, Lobjois, 2004 y en menor medida Cotant 1968) indican este hecho al principio de sus obras introduciendo el concepto de diámetro neutro para después olvidarlo, salvo en algunas ocasiones, y realizar todos los desarrollos como si fueran cuerpos geométricos abstractos de espesor nulo. Por el contrario, el material didáctico del módulo debe siempre tomar en consideración el espesor de las chapas (ver Larburu Arrizabalaga 1979).

#### 3.3.2 Limitaciones de la maquinaria

Otra cuestión de importancia a la hora del trazado de los desarrollos, es tomar en consideración las limitaciones que impone la máquina que ha de conformarlos. La bibliografía presenta el sencillo caso de los prismas o las pirámides trazando el desarrollo con todas sus caras dibujadas de forma consecutiva. El desarrollo de la Ilustración 9 se conforma mediante la plegadora y es fácil de entender que si se pliega tal y como está dibujado el volumen que va tomando la pieza impedirá la realización de los últimos pliegues.

Similar problema se produce con las piezas de transición entre polígonos y círculos (ver Ilustración 4), si el desarrollo se realiza completo, después no se puede conformar combinando la plegadora y la curvadora porque la pieza se cierra sobre sí misma y lo impide. En estos casos el desarrollo se traza en dos mitades, que en la mayoría de las ocasiones son iguales al tener las piezas, al menos, una simetría axial.

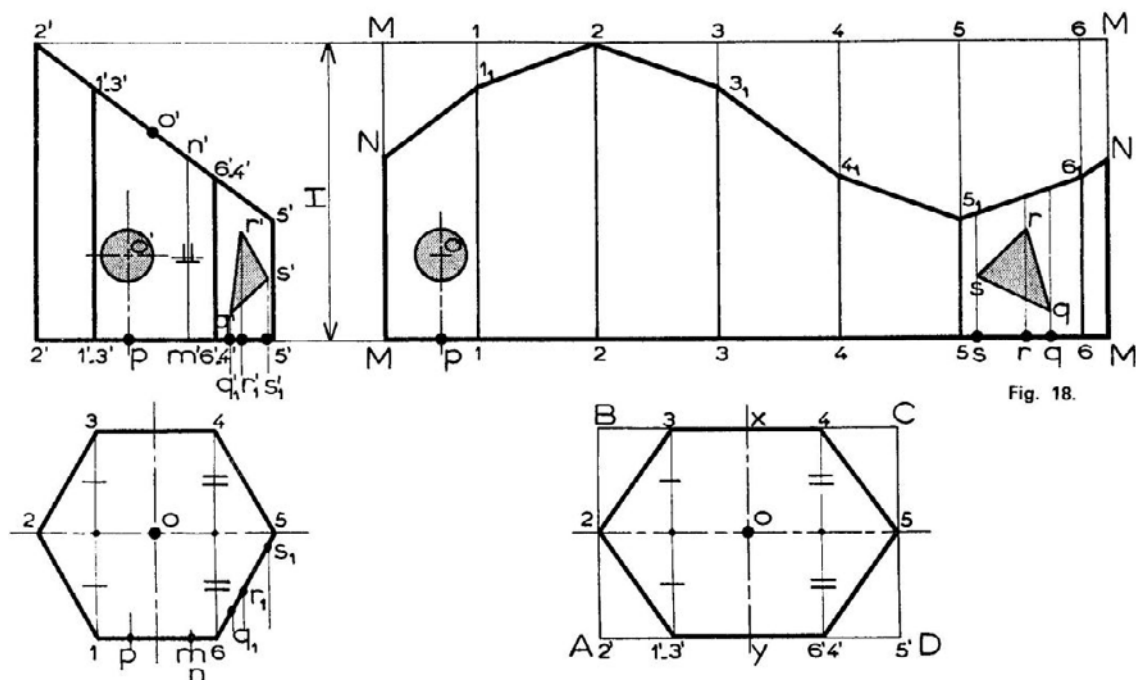


Ilustración 9. Desarrollo de un prisma hexagonal (Lobjois, 2004)

### 3.4 Consideraciones relativas al sistema de unión

Por último se comentan dos asuntos relativos al sistema de unión, el propio sistema que condiciona el perímetro del desarrollo y la elección de la línea o generatriz más interesante para realizar la unión.

#### 3.4.1 Sistema de unión

El trazado de los desarrollos tomando en consideración el sistema de unión que se va a emplear para la propia pieza y para unir ésta a las contiguas es otro aspecto que habitualmente se obvia en la bibliografía, excepto en Larburu Arrizabalaga (1979). El material didáctico del módulo, como se puede comprobar en el capítulo siguiente, debe siempre tomar en consideración los sistemas de unión a emplear.

#### 3.4.2 Línea de desarrollo

Un último aspecto que suele pasarse por alto es el de la elección de la línea o generatriz de desarrollo, es decir, la línea por la que la pieza va a abrirse / cerrarse. Es cierto que la bibliografía suele elegir correctamente esta línea, pero no explicita cómo se hace. Tres son los criterios fundamentales.

- Minimizar la longitud de unión para así disminuir los costes de fabricación. En el caso de la virola oblicua de la Ilustración 6, el desarrollo se podría haber comenzado por 7-14 de modo que en el exterior quedara como generatriz de unión la 1-8. En ese caso la longitud a unir sería mayor lo que implicaría en un mayor coste de mano de obra y material.
- Facilitar la ejecución de la unión. Resulta más fácil realizar las uniones de las piezas cuando éstas que producen sobre superficies planas, que cuando se producen sobre superficies curvas. En la virola cuadrado – circular de la Ilustración 4 las uniones se han previsto en la única superficie plana de la figura. En concreto, en las alturas de los triángulos 4AB y 4CD.
- Ocultar a la vista la unión. En algunos casos pueden ser razones estéticas las que determinen la elección de la línea de desarrollo, así ocurre cuando la unión no debe quedar



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

visible. Desde luego este criterio sólo rige en aplicaciones arquitectónicas, rara vez en las de carácter industrial.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Larburu Arrizabalaga, N. (1979). Calderería técnica 1. Trazados fundamentales. Madrid: Paraninfo.
- Larburu Arrizabalaga, N. (1979). Calderería técnica 2. Trazados especiales. Madrid: Paraninfo.
- Lobjois, C. (2004). Trazado de planchistería y calderería 1. Desarrollos de formas poliédricas, cilíndricas y cónicas. Barcelona: Ediciones Ceac.
- Lobjois, C. (2004). Trazado de planchistería y calderería 1. Desarrollo de piezas complejas e intersecciones. Barcelona: Ediciones Ceac.
- Moreno Roldán, J. (2008): Diseño de un aula virtual de Desarrollos Geométricos. Introducción y aspectos pedagógicos. *Innovación y Experiencias Educativas*. Granada.
- Moreno Roldán, J. (2008): Diseño de un aula virtual de Desarrollos Geométricos. Aspectos técnicos. *Innovación y Experiencias Educativas*. Granada.
- Moreno Roldán, J. (2008): Diseño de un aula virtual de Desarrollos Geométricos. Programación. *Innovación y Experiencias Educativas*. Granada.
- Olave Villanueva, A. (2000). Trazado práctico de desarrollos en calderería. Barcelona: Ediciones Ceac.

#### Autoría

---

- Jesús Moreno Roldán
- IES Felipe Solís Villechenous, Cabra, Córdoba
- E-MAIL: [jmroldan@telefonica.net](mailto:jmroldan@telefonica.net)