

## CALCULO CUADERNO II

### INTRODUCCIÓN.-

Este cuaderno pretende servir como introducción a la parte técnica de los globos aerostáticos a tamaño reducido. En él descubriremos paso a paso el "porqué suben", aplicando el principio de Arquímedes, y como los sustenta el aire caliente aplicando la ecuación de los gases perfectos.

Continuaremos con el cálculo gráfico a base de compás y regla de las caras que componen la vela, para llegar al secreto de su construcción, el diseño de las bandas que lo componen.

Por último acometeremos el cálculo matemático de sus áreas y volúmenes, datos imprescindibles para saber si nuestros globos volaran.

Estos ejercicios, acompañados de gráficos, fórmulas y un ejemplo resuelto, son en sí un tema para un curso teórico en pretecnología, consiguiendo globos bien dimensionados y una diversión segura.

### Porqué vuelan.

Los globos de aire caliente se elevan en la atmósfera por el principio "más ligeros que el aire", la densidad del aire caliente que contienen, tiene que ser menor que la del aire que los rodea, por lo que el globo recibe un empuje ascensional que lo eleva. (Principio de Arquímedes).

Si calentamos el aire contenido en un globo a una temperatura aproximada de 75°C en un ambiente exterior que esté a unos 15°C, conseguiremos una fuerza de elevación que será proporcional al volumen del globo. A esta fuerza, para que nuestros globos suban, habrá que restarle el propio peso del globo y sus accesorios.

Fuerza de elevación real ( $F_e$ ) = fuerza de elevación producida por la diferencia de densidades (temperaturas) ( $F_t$ ) - peso del globo y sus accesorios ( $P$ ).

Si esta expresión es positiva, el globo ascenderá, en caso contrario nuestro globo será un fracaso.

Para llevar a buen fin nuestro proyecto, tendremos que calcular:

Fuerza de elevación ( $F_t$ ), dependiendo de las diferencias de temperatura y de su volumen.

Peso del globo y sus accesorios ( $P$ ), que dependerá de su superficie y de los accesorios de construcción.

El cálculo de la fuerza de elevación según la ecuación de los gases perfectos aplicada al aire, se rige por la formula:

$$P \cdot V = \frac{m}{P_m} \cdot R \cdot T$$

$$m = \frac{P \cdot V \cdot P_m}{R \cdot T}$$

$$D = \frac{m}{V}$$

$$D = \frac{P \cdot P_m}{R \cdot T}$$

Conceptos y valores.

Concepto		Valor	Unidad
Densidad	D	-	gr/litro
Presion	P	-	Atm
Peso molecular	Pm	28.96	
Const. Gases P.	R	0.082	A.l/°Kmol
Temp. Kelvin	T	273	Grados
Temp. ambiente	t	-	Grados

Sustituyendo los valores en la formula anterior, nos queda.

$$D_x = \frac{353,17}{273+t}$$

Con esta formula podremos calcular la densidad del aire a cualquier temperatura.

Como las condiciones ideales de nuestro proyecto las hemos fijado en 15 °C de ambiente y 75 °C en el globo, tendremos que:

1 m3 de aire a 15°C, tendrá un peso de 1.226,29 gr.

1 m3 de aire a 75°C, tendrá un peso de 1.014,86 gr.

Resultando que en estas circunstancias, un globo de 1m3 de volumen podría elevar 212 gr.

Si le restamos su propio peso (que dependerá de su área) tendremos la fuerza con que ascenderá nuestro globo.

Adelantando conceptos, diré que nuestros globos solo pesan varias decenas de gramos.

### Cálculo gráfico.-

Con los datos anteriormente expuestos llegamos a la conclusión de que para proyectar un buen globo son necesarias las siguientes condiciones:

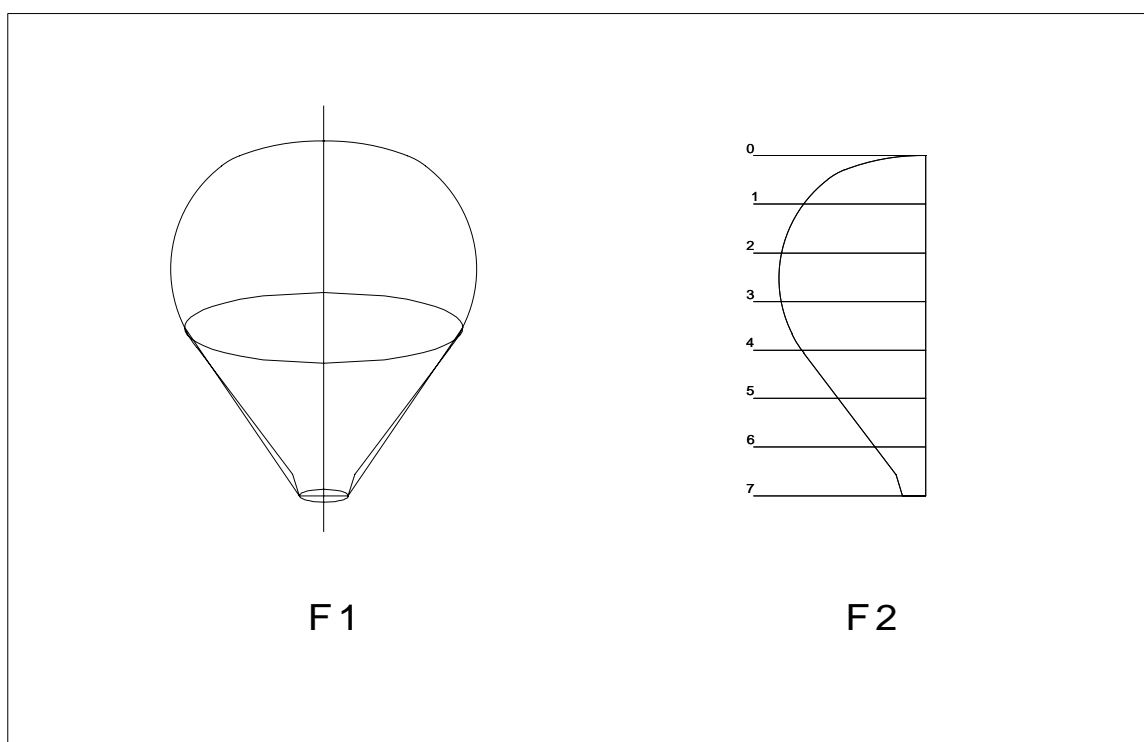
1) Un correcto diseño de su forma y perfil, acercándose lo más posible a la forma esférica, que es la de mejor relación superficie-

volumen.

2) Diseñado su perfil, es necesario un cálculo correcto de sus bandas para hallar su superficie y su peso, conociendo las características del material que las componen.

3) Un cálculo adecuado de su volumen, para con él encontrar la fuerza de elevación.

Para nuestro trabajo escogeremos el perfil de una pera invertida, que podríamos considerar como la unión en el espacio, de un trozo de esfera con un tronco de cono. F1



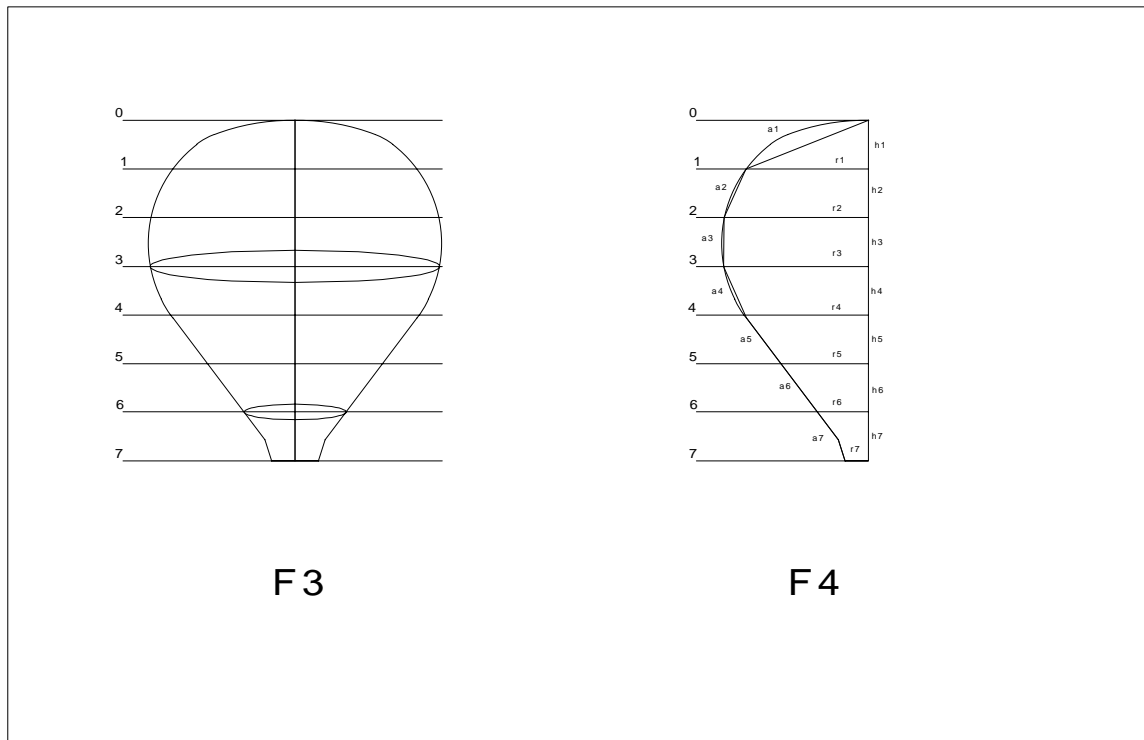
Para conseguir nuestro segundo propósito, calcular las bandas que compondrán nuestro globo, fijaremos el número de ellas, en este caso seis. La altura del globo la fijaremos en 110 cm., con un diámetro de 94 cm. en su parte mas ancha.

Para que el trabajo sea factible, en un papel normal haremos los dibujos reducido en 10 veces (escala 1:10), y terminado nuestro diseño, lo ampliaremos en su mismo valor, para obtener las bandas a su tamaño natural.

Para el cálculo de la plantilla, tomaremos el diseño anterior y lo seccionaremos en un número de veces, (por ejemplo siete) perpendiculares a su eje longitudinal. F2.

## Globos aerostáticos de papel

Cada una de estas secciones, nos dará una circunferencia imaginaria al cortar nuestro globo horizontalmente, con radios denominados  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_7$  F3.



**F3**

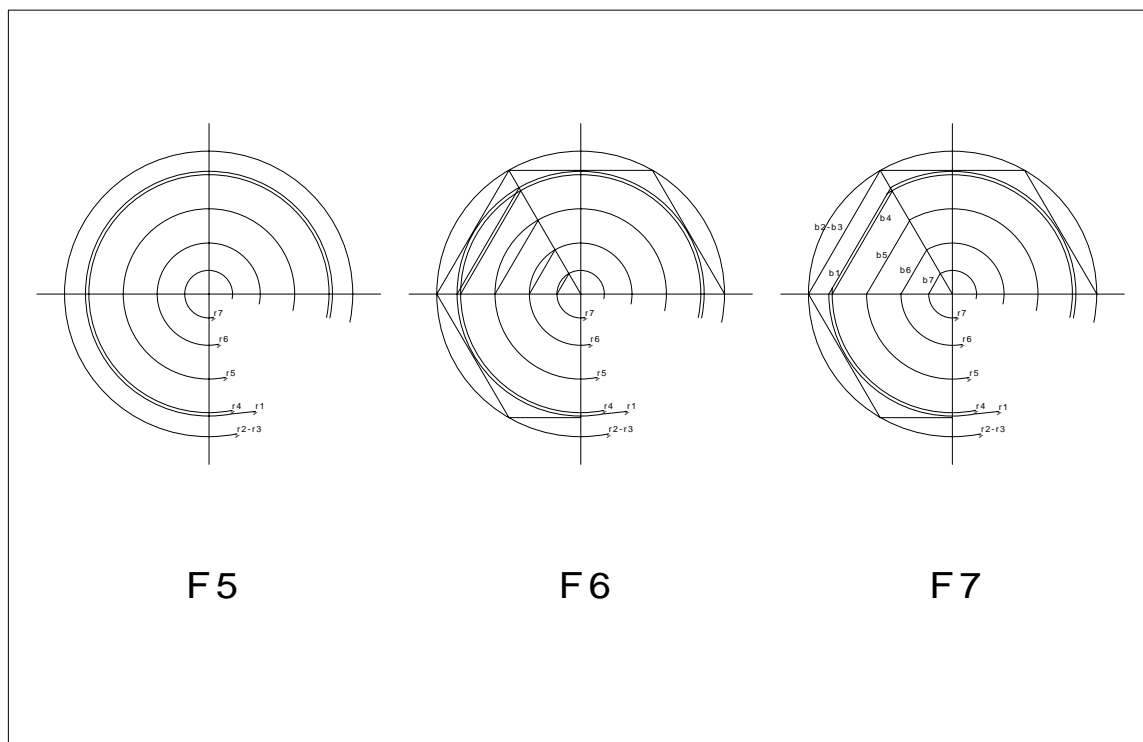
**F4**

A continuación, uniremos los extremos de los radios de cada una de las circunferencias con el correspondiente de la circunferencia inferior, mediante los segmentos  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_7$ .

Las alturas entre los planos de corte las denominaremos como  $h_1, h_2, h_3, \dots, h_7$ . F4

Tomando los radios con compás iremos dibujando uno a uno sobre unos ejes cartesianos sus circunferencias correspondientes. F5

Sobre los mismos ejes cartesianos, y en la circunferencia mayor, trazaremos un polígono regular cuyo número de lados será igual al número de bandas de nuestro globo (en este caso seis). F6

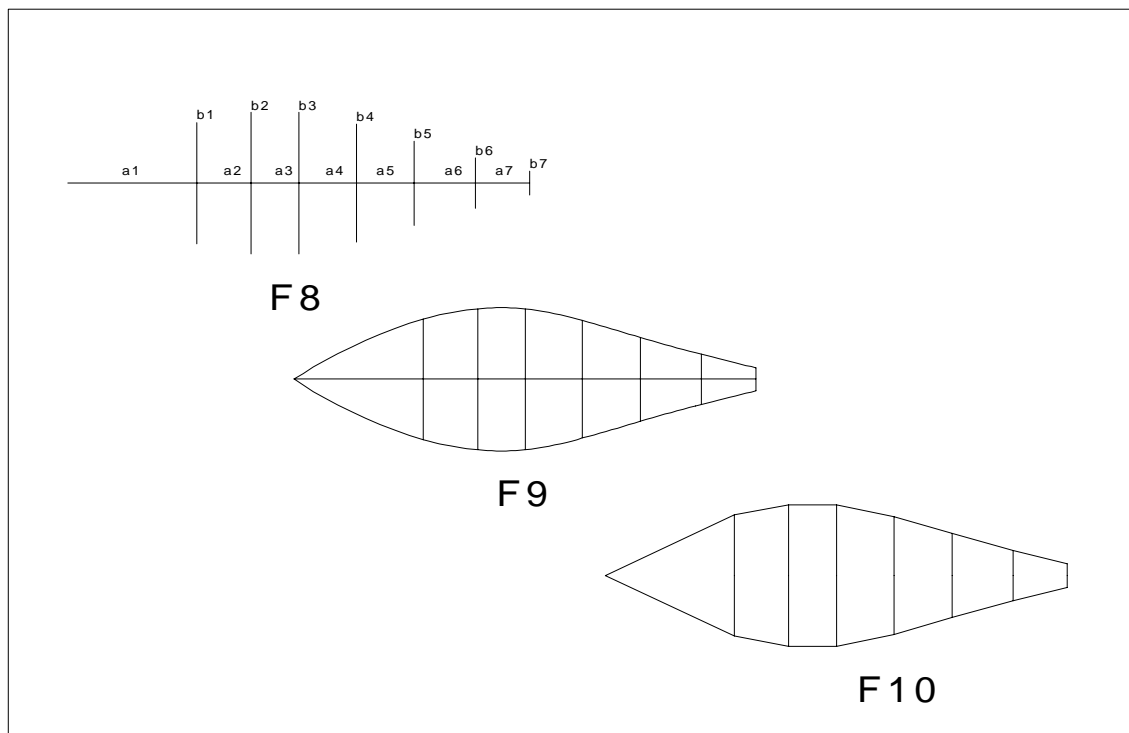


A continuación, uniremos los extremos de uno de los lados del polígono con el centro de la circunferencia y paralelamente a este primer lado, dibujaremos tantos lados paralelos, como circunferencias contiene el dibujo. A estos lados, los designaremos como anchos de banda  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_7$ , correspondiéndose cada ancho de banda con el número del radio que lo generó. F7.

Nuestra banda está casi terminada, pero es aconsejable que no existan errores al designar las letras, su correlación debe repasarse con atención.

Sobre un eje o segmento suficientemente dimensionado, iremos pasando con la ayuda del compás o escalímetro, las dimensiones "a" en el sentido horizontal y las dimensiones "b" en sentido vertical y centradas al eje anterior. F8.

Uniéndolo a mano alzada todos los puntos exteriores mencionados, tendremos terminada la banda de nuestro globo. F9.



El número de secciones en que hemos dividido el globo, es orientativo, consiguiéndose más exactitud y perfección en el dibujo cuanto mayor sea el número de estas que estemos dispuestos a dibujar.

La banda dibujada, la ampliaremos 10 veces, obteniendo la plantilla a tamaño real.

**Cálculo de la superficie del globo.**

Si la banda conseguida en el dibujo anterior la desfiguramos un poco, conseguiremos un triángulo en la primera sección, y trapecios regulares en las seis secciones restantes. F10.

Las áreas correspondientes a cada una de estas sesiones serán las siguientes:

$$S_t = \frac{1}{2} b_1 \cdot a_1$$

$$S_{tp} = \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot a_2$$

El área total será igual a la suma de todas las áreas parciales, multiplicada por sus seis caras.

**Cálculo del peso del globo.**

## Globos aerostáticos de papel

El peso del globo (P), será el producto de la superficie total, por el peso de una unidad de superficie.

$$P = S_{m^2} \cdot p_{gr} / m^2$$

Para nuestros globos contruidos en papel de seda, contando con la parte proporcional de accesorios, este peso es de 21,5 gr/m<sup>2</sup>. ¡OJO!. Cualquier papel que no sea de estas características, puede cambiar el dato anterior y arruinar todo nuestro trabajo, dando como resultado una frustrante bolsa de papel.

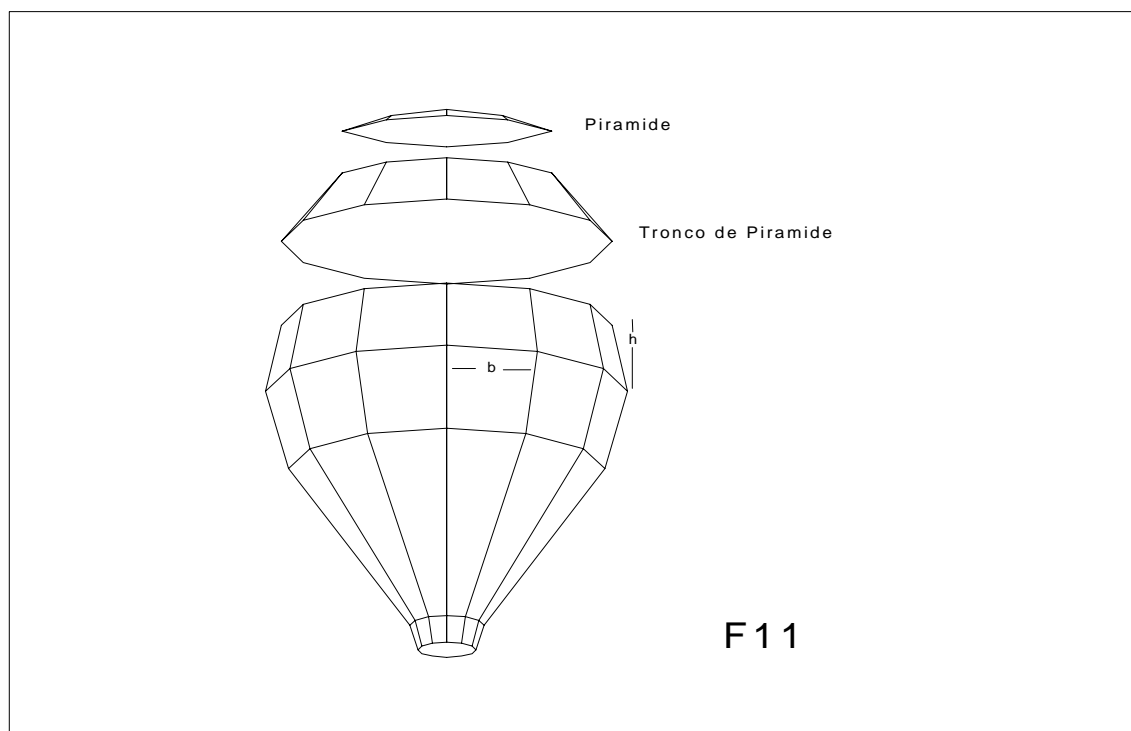
$$P = S_{m^2} \cdot 21.5_{gr} / m^2$$

Las normas de construcción de globos, se desarrollan en el cuaderno III de CONSTRUCCION Y DECORADO.

### Cálculo del Volumen.

Nuestro globo hinchado de aire caliente, tendrá una forma aproximada a la de una "pera invertida". Como ya dijimos en el cálculo anterior de las bandas, nuestro globo será más perfecto cuanto mayor sea su número de caras.

Viendo nuestro globo en perspectiva, según las secciones iniciales, lo podemos descomponer en una pirámide hexagonal (la parte superior) y seis troncos de pirámide regulares. Según los cálculos realizados anteriormente, ya disponemos de las dimensiones de cada una de estas figuras geométricas. F11.



## Globos aerostáticos de papel

Hallando los volúmenes parciales de cada una de ellas, tendremos el volumen total del globo.

$$V_p = \frac{1}{3} b_1 \cdot h_1$$

$$V_{tp} = \frac{1}{3} h_1 \cdot b_1 + b_2 + \sqrt{b_1 \cdot b_2}$$

Cálculo de la fuerza de elevación.

Conocido el volumen de nuestro globo, y recordando que cada metro cúbico de aire, en las condiciones de diseño (15°C -75°C) puede elevar 212 gr., tendremos que:

$$F_{ev} = V \cdot 212_{gr}$$

Resultado de nuestros cálculos.

Si la fuerza de elevación en gramos es superior al peso del globo, nuestro globo "VOLARÁ". En caso contrario, el diseño no es correcto.

Ejemplo de cálculo de un globo real.

Condiciones de diseño.

- Temperatura ambiente 15°C
- Temperatura del globo 75°C
- Altura del globo 110 cm.
- Diámetro máximo 94 cm.
- Número de bandas 6.

Calculo de áreas caso real.

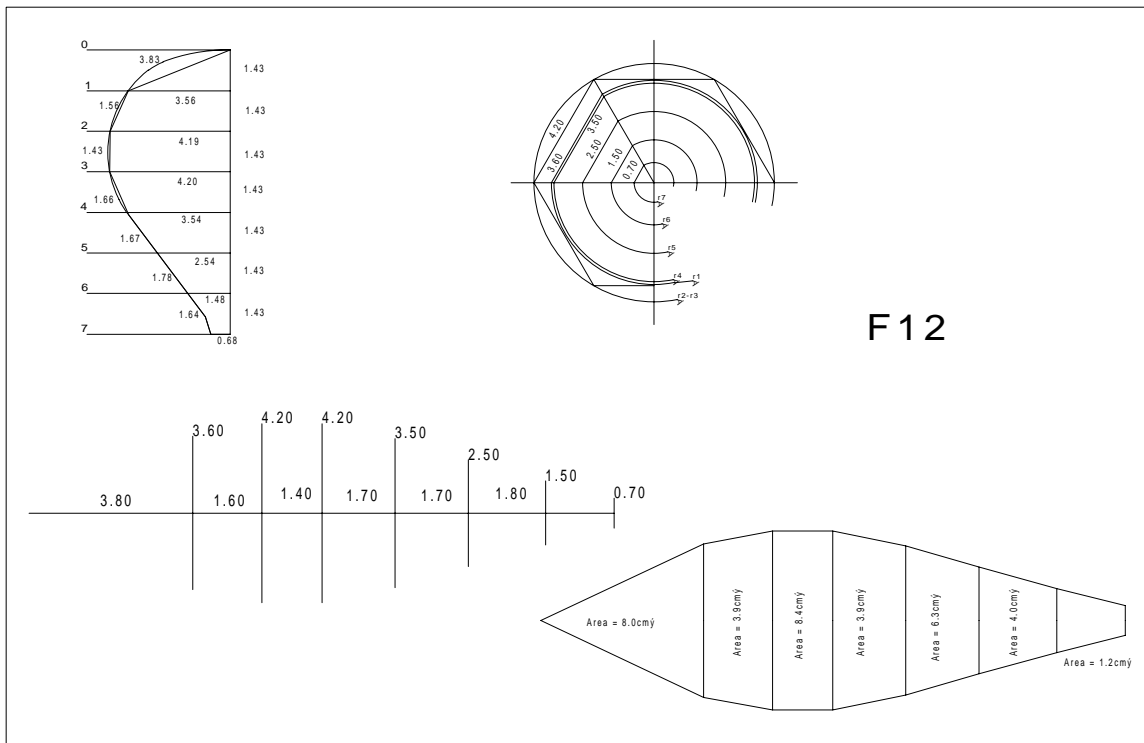
a1	42.13	b1	35.50	Triángulo	748	
a2	17.21	b2	46.15	Trapezio	703	
a3	15.72	b3	46.15	Trapezio	725	
a4	17.03	b4	35.50	Trapezio	695	
a5	19.61	b5	28.00	Trapezio	623	
a6	19.60	b6	16.25	Trapezio	434	
a7	18.01	b7	7.50	Trapezio	214	
					4,141	cm2
				<b>Area 6 b.</b>	<b>24,848</b>	<b>cm2</b>

Calculo de volumen, caso real.



Globos aerostáticos de papel

b1	35.50	B1	3,274	h1	15.71	Piramide	17,146	
b2	46.15	B2	5,533	h2	15.71	T. Piramide	68,413	
b3	46.15	B3	5,533	h3	15.71	T. Piramide	86,930	
b4	35.50	B4	3,274	h4	15.71	T. Piramide	68,413	
b5	28.00	B5	2,037	h5	15.71	T. Piramide	41,336	
b6	16.25	B6	686	h6	15.71	T. Piramide	20,450	
b7	7.50	B7	146	h7	15.71	T. Piramide	6,016	
							308,703	
						<b>Volumen</b>	<b>309 Litros</b>	



Globos aerostáticos de papel

