

CAPÍTULO XVI

CALCULO DE LOS CAJONES DE HORMIGON ARMADO PARA AIRE COMPRIMIDO ⁽¹⁾

- § I. — Consideraciones generales.
- § II. — Cálculo de los cajones para el puente sobre el Montesa Menor, en Játiba.
- § III. — Cálculo de los cajones para el puente de San Telmo, sobre el Guadalquivir, en Sevilla.

Resistencia de la cámara durante la hinca. — Resistencia de la estructura durante la flotación. — Estabilidad del barco durante la flotación.

§ I. Consideraciones generales

El cálculo de los cajones de aire comprimido suele reducirse a a la comprobación a flexión de los cuchillos, considerándolos como ménsulas empotradas por su parte superior en el macizo del cimiento y resistiendo el empuje exterior del agua, más la presión de las tierras, sin tener en cuenta la contrapresión interior. Para ello, debe tenerse en cuenta que las dos caras de la pared no son paralelas, sino que forman un ángulo que oscila corrientemente entre 25 y 45°.

Aun cuando la presión interior de la cámara no sobrepasa sensiblemente en ningún caso la presión exterior, conviene proveer a

(1) Este capítulo ha sido redactado por mi joven discípulo y ya distinguido colaborador D. Eduardo Torroja, que nos ha proyectado varios cajones de esta clase.

los cuchillos de una armadura de compresión de alguna importancia para resistir los esfuerzos anormales que se puedan producir por los diferentes asientos del cuchillo durante la hinca.

Siempre que las chimeneas sean de hormigón, o, en general, siempre que la presión se pueda introducir por alguna fisura del macizo del cajón, puede convenir dejar salida a este aire por medio de algún drenaje próximo a la chimenea y además armarla, así como la periferia del cimiento, con barras redondas verticales (1).

El techo de la cámara se arma con varillas horizontales en cuadrícula, pero no suele hacerse ninguna comprobación de este elemento; sin embargo, en algunos casos en que el terreno es flojo, conviene descimbrar el cajón cuando tenga todavía poco peso, con objeto de que no se hinque mucho de primera intención en el terreno, y entonces se hormigona solamente un pequeño espesor de 25 cm., por ejemplo, de hormigón en el techo de la cámara, debiendo en este caso procurarse la armadura para resistir como un forjado el peso del hormigón fresco que se le vierta luego encima.

En aquellos casos en que, por desigualdades del terreno, no sea posible lograr que el cajón se apoye desde el primer momento en todo su perímetro, debe tenerse en cuenta el esfuerzo de flexión que se pueda producir para armar los cuchillos convenientemente.

Por último, cuando el cajón deba llevarse al lugar de su emplazamiento, por flotación, se calcula su estabilidad y su resistencia con arreglo a los principios de la arquitectura naval.

Para ello, se empieza por calcular cada parte del cajón bajo la presión del agua, asegurándose principalmente de la indeformabilidad general de la estructura, partiendo de un calado que se tantea primeramente, y se repite después todo el cálculo con arreglo al calado que corresponda, después de conocer ya las dimensiones exactas de todos los elementos, comprobándose también que el

(1) Este drenaje consiste en tres o cuatro tubos verticales que se dejan en la masa del hormigón a 20 ó 30 cm. de la chimenea, en comunicación con la atmósfera, por arriba. Por abajo pueden llegar algunos de estos tubos hasta el tubo de la cámara, comunicando con ella por medio de una llave, sirviendo de este modo para bajada de las conducciones eléctricas de alumbrado, para dar salida al aire cuando, por tratarse de terrenos fangosos e impermeables, la ventilación en las cámaras sea defectuosa, y en algunos casos los hemos empleado también para dar salida a los gases de los aparatos mecánicos de excavación, que se pueden emplear con éxito dentro de las cámaras.

barco tiene el centro de gravedad más bajo que el de carena, o, por lo menos, más bajo que el metacentro, y que aun en las flotaciones inclinadas hasta 15° , por ejemplo, el barco tiene suficiente reserva de estabilidad.

Mejor que entrar en el detalle teórico de esta cuestión, entendemos preferible exponer dos ejemplos característicos, uno del cajón de aire comprimido corriente, y otro de un cajón flotante, ambos recientemente construidos.

§ II. — Cálculo de los cajones para el puente sobre el Montesa Menor, en Játiba.

Como durante la hinca la presión del agua ha de estar compensada con la interior del aire comprimido, sólo deberíamos tener en cuenta, al calcular los cuchillos, la presión de las tierras. Sin embargo, para mayor seguridad, consideraremos el caso (que puede darse si las dificultades de la hinca lo exigen) de que se suprima tan rápidamente la presión interior que no le dé tiempo al agua de entrar y pasen unos minutos o segundos con toda la carga por el exterior y sin ninguna por el interior.

Entonces el empuje exterior se puede considerar dividido en dos: el empuje del agua y el de las tierras, descontando el peso o volumen desalojado por el agua.

Para la profundidad de 10 m. que marca el proyecto, el empuje total de las tierras se determina gráficamente por el método de Müller-Breslau con la figura 257.

Hemos tomado el talud natural de las tierras de 40° , porque este es el ángulo que hemos podido comprobar prácticamente en terrenos análogos a éste; y el ángulo de rozamiento de tierras con el muro lo consideraremos nulo para mayor seguridad. Con estos datos y con una densidad total del terreno de 1.600 kg./m.^3 , lo que equivale a una densidad en el

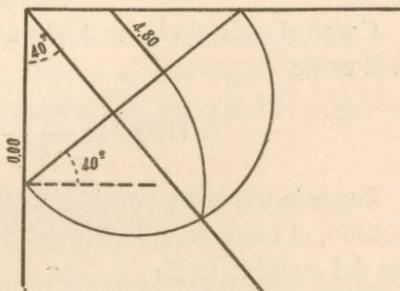


Fig. 257.

ángulo de rozamiento de tierras con el muro lo consideraremos nulo para mayor seguridad. Con estos datos y con una densidad total del terreno de 1.600 kg./m.^3 , lo que equivale a una densidad en el

agua de 600 kg./m.^3 , el empuje total de las tierras viene dado por la fórmula:

$$E_T = \frac{1}{2} 600 \times (4,80)^2 = 6.900 \text{ kg.}$$

El empuje máximo a los 10 m. de profundidad es, por consiguiente,

$$2 \times \frac{6.900}{10} = 1.380 \text{ kg./m.}^2$$

a lo que hay que añadir 10.000 kg./m.^2 de la presión hidrostática, lo que da un total de 11.380 kg./m.^2 .

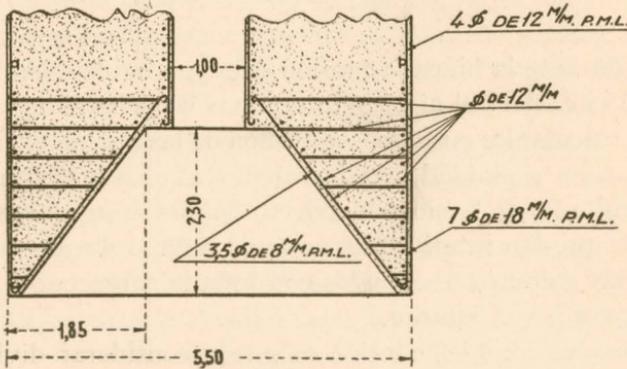


Fig. 258.

Como el cuchillo tiene 2,30 m. de alto (fig. 258), la presión media en él es de

$$11.380 \times \frac{8,85}{10} = 10.070 \text{ kg./m.}^2$$

Suponiendo esta presión uniformemente repartida en todo el cuchillo, el momento flector máximo de empotramiento en el arranque del cuchillo es de

$$MF = 10.070 \times \frac{(2,30)^2}{2} = 26.580 \text{ m./kg.}$$

En esta parte el cuchillo tiene un canto útil de 1,80 m. y una armadura de tensión de siete redondos de 18 mm. por metro li-

neal, = 17,81 cm.²; despreciaremos la armadura de compresión y la oblicuidad de la sección, que no tienen influencia apreciable, dadas las pequeñas cargas unitarias que se obtienen; la posición de la fibra neutra viene, pues, dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{100}{2} x^2 = 15 \times 17,81(180 - x)$$

de donde

$$x = 29 \text{ cm.}$$

El momento de inercia de la sección vale:

$$I = \frac{100}{3} (29)^3 + 15 \times 17,81(151)^2 = 6.903.440 \text{ cm.}^3$$

y las cargas del hormigón y el hierro, respectivamente,

$$H = \frac{M_v}{I} = \frac{2.658.000 \times 29}{6.903.440} = 11,20 \text{ kg./cm.}^2$$

$$A = 15 \frac{26.580 \times 151}{6.903.440} = 8,70 \text{ kg./mm.}^2$$

La carga real de compresión en la cara inclinada, vale:

$$H = \frac{11,2}{\cos^2 40^\circ} = \frac{11,2}{0,76^2} = 19,6 \text{ kg./cm.}^2$$

cargas ambas suficientemente pequeñas para alejar toda duda acerca de la resistencia del cuchillo a flexión.

Al esfuerzo cortante, la resistencia está aún más asegurada, porque el cuchillo va armado con estribos y el hormigón por sí solo basta para resistir con holgura este esfuerzo, ya que la carga unitaria que sufre es de:

$$\frac{10.070 \times 2,30}{18.000} = 1,3 \text{ kg./cm.}^2$$

Hemos comprobado la sección de empotramiento del cuchillo; las secciones inferiores, evidentemente, no necesitan comprobación y las superiores tampoco, ya que todas las barras tendidas tienen anclajes suficientemente seguros. En cuanto a la armadura de compresión del cuchillo y las armaduras del techo y del alzado del relleno, que no son teóricamente necesarias, creemos que basta

y 193), en cada cajón la cámara de trabajo se ha dividido en dos, comunicadas entre sí y cubiertas por cúpulas esféricas de 7 cm. de espesor, de cuyas claves arrancan las chimeneas de comunicación con la atmósfera.

Los cuchillos llevan fuertes cartabones en los ángulos y en la unión con el tabique central, amoldándose así, en su unión con las cúpulas, a la forma circular de éstas, y se prolongan exteriormente hacia arriba por paredes de 14 cm. de espesor, arriostradas cerca del borde superior por una viga referida a las bocas de las chimeneas con vigas longitudinales y transversales, formando un piso de arriostamiento o trancanil del barco.

Dividiremos el estudio de esta estructura en tres partes:

- 1.º Resistencia de la cámara durante la hinca.
- 2.º Resistencia de la estructura durante la flotación.
- 3.º Estabilidad del barco durante la flotación.

Para el fondeo, se rodea el cajón con el molde de madera exterior subido hasta 2,50 m. por encima del borde del mismo, en disposición de recibir el hormigón de relleno hasta la altura de 7,50 m. sobre el borde de los cuchillos, altura suficiente para sobresalir del agua, aun en pleamar. Aunque con este forro no se logre la impermeabilidad absoluta del recinto, permitirá agotarlo holgadamente con una bomba, aprovechando en último extremo las bajamares y hacer en buenas condiciones el relleno del cajón, ya que la carrera de marea máxima es de 2,80 m. sensiblemente y el calado del fondo en bajamar variable de 4 a 5 m., fondo que se igualará previamente con draga para ofrecer un buen asiento del cajón.

Resistencia de la cámara al final de la hinca. — Aunque en el trabajo normal la presión interior equilibra a la hidrostática, puede, sin embargo, desaparecer rápidamente la presión interior y tardar unos minutos en llenarse la cámara con el agua exterior, por lo que se calculan los cuchillos para resistir toda la presión de fuera (hidrostática y empuje de tierras), sin contar ninguna contrapresión interior.

A la profundidad de 25 m. bajo el agua y 20 m. bajo el fondo, la presión máxima de las tierras, con un ángulo de talud natural de 40° y un peso específico dentro del agua de 0,08, es de 8.000 kg. por metro cuadrado, que, sumado a la carga hidrostática, da un total de 33.000 kg./m.².

El cuchillo, considerado como una ménsula empotrada en la sección superior y con un voladizo de 1,50 m., sufre una flexión de

$$\frac{33.000 \times 1,50^2}{2} = 37.000 \text{ mkg./m. l.}$$

Como la pieza va armada con 8 *b.* de 25 = 39,27 cm.² en la cara de tensión, y 4 *b.* de 25 = 19,63 cm.² en la de compresión, tiene un canto útil de 95 cm. y la cara comprimida forma con la vertical un ángulo de 35°; la distancia de la fibra neutra a la cara comprimida puede deducirse con suficiente aproximación de la siguiente ecuación de momentos estáticos:

$$\frac{100}{2} h^2 + 15 \times 19,63(h - 5) = 15 \times 39,27(95 - h)$$

$$h = 26 \text{ cm.}$$

y del mismo modo, el momento de inercia de la sección con 1 m. de ancho, vale:

$$I = \frac{100}{3} 26^3 + 15 \times 19,63 \times 21^3 + 15 \times 39,27 \times 69^2 = 3.430.000 \text{ cm.}^2.$$

La carga unitaria del hierro es, por tanto,

$$A = 15 \frac{37.000 \times 69}{3.430.000} = 11 \text{ kg./cm.}^2$$

y la máxima compresión del hormigón paralela a la cara no vertical:

$$\frac{3.700.000 \times 26}{3.430.000 \times \cos^2 35} = 34 \text{ kg./cm.}^2$$

El máximo esfuerzo cortante en esta sección vale = 48.000 kg. y se resiste con estribos de 12 mm., espaciados a 20 cm. verticalmente y 25 cm. horizontalmente; la carga unitaria a que trabajan es, por tanto, de

$$\frac{48.000 \times 20}{8 \times 1,14 \left(95 - \frac{26}{3}\right)} = 1.200 \text{ kg./cm.}^2$$

Como todo el resto del cajón queda formando parte del macizo de relleno, no ha lugar a comprobar la resistencia de ningún otro

elemento, y solamente señalamos que para trabar bien la estructura con el relleno se prolongan las series de los estribos de los cuchillos atravesando la masa del relleno.

Resistencia de la estructura durante la flotación. — El cajón pesa, como veremos más adelante, 233 tn.; por consiguiente, al llenar de aire a presión las cámaras para la botadura, la presión de este aire ha de ser igual a la diferencia de las alturas del agua dentro y fuera del cajón, o sea, como límite máximo, 2 m., lo que equivale a una presión de 0,2 kg./cm.².

Las cúpulas esféricas que cubren las cámaras, por su delgado espesor, pueden calcularse por los principios de las membranas rígidas, con arreglo a los cuales hacemos las consideraciones siguientes:

Llamando p la presión interior, r el radio de un paralelo, a el ángulo de la normal a la superficie con la vertical y R su radio de curvatura, la reacción vertical a lo largo de un paralelo vale:

$$V = \pi \times r^2 \times p$$

y la componente según la tangente al meridiano:

$$m = \frac{V}{2\pi r \operatorname{sen} a} = \frac{pr}{2 \operatorname{sen} a} = \frac{pR}{2} = \frac{2.000 \times 5}{2} = 5.000 \text{ kg./m. l.}$$

y la tensión según la tangente al paralelo:

$$t = \frac{d'rm \cos a}{dl} = m \left(\cos^2 a - \frac{r}{R} \operatorname{sen} a \right)$$

o sea, en los arranques:

$$r = 350 \text{ m. } t = 5.000 \left(0,642^2 - \frac{3,50}{5} \times 0,766 \right) = - 650 \text{ kg./m. l.}$$

y para la boca de la chimenea:

$$r = 0,65 \text{ m. } t = 5.000 \left(0,985^2 - \frac{0,65}{5} \times 0,173 \right) = 4.750 \text{ kg./m. l.}$$

y la comprensión en el anillo extremo:

$$c = mr \cos a = 5.000 \times 3,50 \times 0,642 = 11.250 \text{ kg.}$$

Como la cúpula va armada con varillas tangentes a la chimenea y en tal número que en los arranques, donde su separación es má-

xima, entran 4 *b.* de 12 p. m. 1., quedan resistiendo la tensión meridiana a razón de 12 kg./mm.².

Los esfuerzos en la boca de la chimenea se resisten con holgura, dada la superposición de redondos que allí se produce, y de los cuales pueden cortarse la mitad de ellos sin inconveniente, enganchándolos a los otros, con lo que se facilita el hormigonado de esta parte.

Puede comprobarse que en cualquier sección meridiana, la proyección, sobre la normal, de las varillas que se cortan es suficiente para resistir la tensión correspondiente según el paralelo.

En la proximidad de los arranques, donde las varillas de trabajo quedan bastante espaciadas, se unen con alambre para disminuir el ancho de la malla y dar mejor trabazón al hormigón.

El anillo exterior está formado por los mismos cuchillos, que con sus cartabones y armaduras forman una pieza de resistencia más que sobrada para resistir los esfuerzos transmitidos por las cúpulas.

Las *paredes* exteriores del cajón trabajan como losas de 2,50 m. de luz, semiempotradas abajo en los cuchillos y arriba en la viga de cintura o trancanil del barco, y sufren la flexión debida a la carga de agua, que en el momento del fondeo tiene una repartición triangular con valor cero en la parte superior y de 2.500 kg./m.² en la inferior.

El momento flector máximo vale, por tanto,

$$0,128 \times 2.500 \times \frac{2,50^2}{2} = 1.000 \text{ mkg./m. 1.}$$

que se resiste con un canto total de 14 cm. y una armadura de 8 *b.* de 12 = 9,2 cm.², a razón de 40 kg./cm.² para el hormigón y 10 kg. por milímetro cuadrado para el hierro.

La pared transmite su carga por abajo al cuchillo y por arriba al trancanil, cargando los dos tercios al primero y el tercio al segundo.

Durante el fondeo, al llenar de agua el cajón, se elevará el nivel exterior, trabajando la parte de losa que queda por encima del trancanil y sufriendo éste también una carga mayor, que puede llegar a 2.500 kg./m. 1.; con la luz entre apoyos que tiene la viga de cintura, resulta un momento de

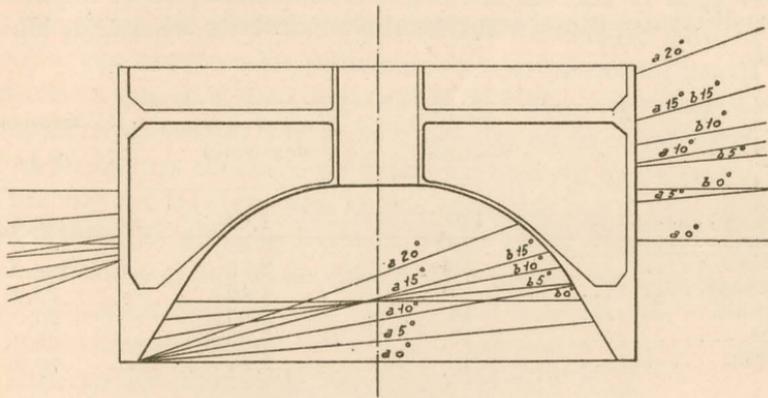
$$\frac{2.500 \times 4}{12} = 3.350 \text{ mkg.}$$

que se resiste holgadamente con el canto de 40 cm. y la armadura de 2 b. de 25 mm.

Durante este período de fondeo, como el nivel del agua se eleva simultáneamente dentro y fuera del cajón, la pared no sufre aumento de flexión.

Los cuchillos sufren algunos esfuerzos de flexión y tensión, pero resultan despreciables para las dimensiones y armaduras que tienen.

Estabilidad del barco durante la flotación (fig. 260). — Para botar el cajón puede emplearse el sistema de varadero, haciendo desli-



— *Gráfico de las flotaciones estudiadas* —

Fig. 260.

zar el cajón transversalmente sobre dos correderas prolongadas hasta la profundidad necesaria para que el cajón, antes de abandonarlas, alcance su calado propio, llenándose de agua las cámaras, calado que, como veremos más adelante, es de 3,65 m.

Con objeto de disminuir esta profundidad, puede colocarse en el cajón un falso fondo de madera para aprovechar todo el desplazamiento de las cámaras, reduciéndose entonces el calado a 1,94 m.

También puede hacerse la botadura sobre varadero con plataforma horizontal e inyectar entonces aire a presión en las cámaras para aprovechar parte del desplazamiento de éstas; pero no habiendo en la localidad varadero de esta clase, resulta más práctico, y con mayores garantías de seguridad, construir el cajón a 2,70 ó 2,80 m.

por debajo de pleamar en una explanada separada del río por una ataguía que pueda removerse luego para dar paso al cajón, o bien construirlo directamente sobre la ladera a cualquier altura, hincarlo en el terreno hasta la profundidad indicada, por medio de aire comprimido, y aprovechando las bajamares, excavar o dragar luego las tierras que queden entre el cajón y el río, y sacarlo, en fin, flotando durante una pleamar, gracias al volumen desalojado por la presión del aire que se inyecte en las cámaras (1).

Réstanos, pues, estudiar la estabilidad del barco en estas diferentes fases. Para ello, empezaremos por determinar el peso del cajón y la altura de su centro de gravedad, tomando momentos de sus diferentes masas respecto al plano inferior o borde de los cuchillos.

Designación	Pesos Toneladas		Alturas de los centros de gravedad		Momentos M. tn.
Cuchillos	110		1,05	=	116,0
Cúpulas	20	×	2,30	=	46,0
Paredes	58	×	3,20	=	185,0
Chimeneas	5	×	4,40	=	22,0
Trancanil	18	×	3,90	=	70,0
Moldes	12	×	5,80	=	69,6
Esclusas	10	×	7,00	=	70,0
	233				578,6

Peso = 233 tn.

$$\text{Altura del c. de g.} = \frac{578,6}{233} = 2,50 \text{ m.}$$

Colocando el falso fondo, el cajón tomará un calado de

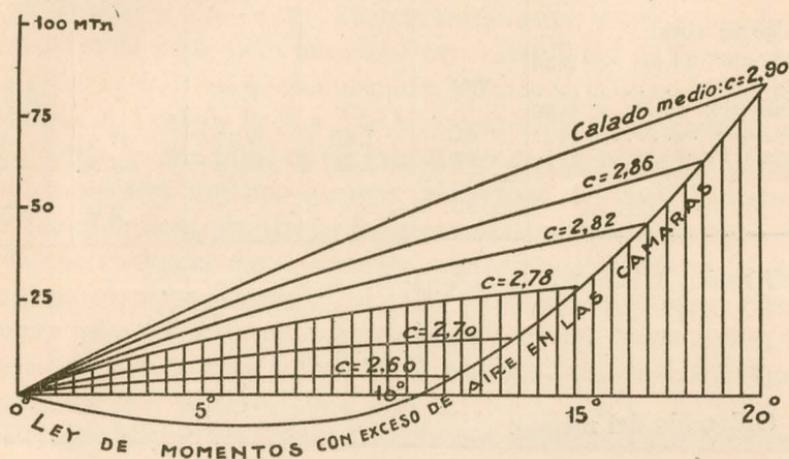
$$\frac{233}{14,50 \times 8,30} = 1,94 \text{ m.}$$

El radio metacéntrico viene dado, como se sabe, por el cociente del momento de inercia de la flotación por el volumen de carena, o sea

$$R = \frac{I}{V} \frac{1/12 \times 14,50 \times 8,30^3}{233} = 3 \text{ m.}$$

(1) Este fué el último procedimiento empleado en la construcción y con el que se hizo la operación en perfectas condiciones. (Véanse detalles de este lanzamiento en la página 194).

adrizado; pero a medida que escora se va escapando el aire de las cámaras por debajo del cuchillo y el calado medio aumenta hasta llegar a la inclinación de 11° , con lo cual el barco recupera su estabilidad, como vamos a ver (fig. 261).



CURVAS DE ESTABILIDAD

Fig. 261.

Supongamos que el barco escora lentamente y alcanza la inclinación de 5° . El agua que ha entrado en las cámaras se cubica en la siguiente forma:

$$\text{Prisma} \dots \dots \frac{1}{2} \times 13,30 \times 7,90 \times 0,60 = 31,5 \text{ m.}^3$$

$$\text{Pirámide} \dots \dots \frac{1}{3} \times 0,80 \times 7,90 \times 0,60 = 12,5 \text{ m.}^3$$

$$\hline 44,0 \text{ m.}^3$$

El calado en el eje del cajón vale, por consiguiente:

$$\frac{233 + 44}{10} = 2,32 \text{ m.}$$

Descomponiendo la carena total y tomando momentos respecto

al eje de simetría del cajón y al plano de los cuchillos, obtendremos las coordenadas del centro de carena:

Designación	Volumen	Abscisa	Ordenada	Momentos	
Carena total:					
Trapezio: 14,50 × 8,30 × 1,98.....	236	0	1,33	0	315,0
Triángulo: 14,50 × 8,30 × 0,34.....	41	1,40	0,23	57,5	9,4
Carena interna.....	44	1,26	0,10	— 55,5	— 4,4
	233			2,0	320,0

Abscisa del centro de carena:

$$\frac{2,0}{2,33} = 0,086 \text{ m.}$$

Ordenada del mismo:

$$\frac{320}{233} = 1,37 \text{ m.}$$

Altura del metacentro sobre el centro de gravedad:

$$0,086 \text{ ctg. } 5^\circ + 1,37 - 2,50 = - 0,37 \text{ m.}$$

Operando en la misma forma para inclinaciones de 10°, 15° y 20°, se obtienen los valores siguientes:

Escora	Carena interna — M. ³	Calado — M.	Carena total — M. ³	Centro de carena		Altura del m. sobre el c. de g. — M.	Par adrizante — M. tn.
				Abscisa	Ordenada		
				— M.	— M.		
	0	1,94	233	0	0,97	— 1,08	»
5°	33	2,22	266	0,086	1,37	— 0,37	»
10°	63	2,47	296	0,17	1,50	— 0,04	»
15°	100	2,78	334	0,31	1,84	0,49	29,5
20°	117	3,10	350	0,57	2,00	1,05	84,0

Tomando como abscisas las escoras y como ordenadas los momentos adrizantes, hemos trazado la curva de estabilidad.

Vemos que el par adrizante aumenta rápidamente con la incli-

nación, teniendo el barco una gran reserva de estabilidad, ya que la inclinación de 20° no ha de producirse nunca tratándose de una maniobra breve y en un puerto sin oleaje ninguno.

El régimen de estabilidad del barco es el siguiente:

Al introducir aire en las cámaras lentamente, el barco pierde su estabilidad de peso, pero mantiene una estabilidad de forma muy marcada; el calado va disminuyendo y el barco se mantiene adrizado hasta que este calado llega a 2,50 m. sensiblemente; momento en el que el barco escora, tomando la inclinación de 11° , posición en la que se mantiene fijo, dejando escapar por debajo del cuchillo todo el aire que se inyecte, sin alterar la escora ni el calado del cajón.

Si por cualquier causa exterior aumentamos la escora, el aire se escapa en mayor cantidad, el calado aumenta y el barco tiende a tomar una posición más adrizada que la inicial, hasta que la inyección de aire le hace recuperar la posición primitiva. El calado máximo en esta posición es de 3,25 m.

El cajón puede flotar con un calado cualquiera superior a 2,50 m.; pero cuanto más se acerca a este límite, menores son los pares adrizantes y mayores las escoras que toma bajo la acción de cualquier carga exterior.

Sin embargo, a poco que se separen los calados de este límite mínimo, los momentos adrizantes aumentan rápidamente; así, por ejemplo, con un calado de 2,78 m., es decir, con el mismo volumen de aire en las cámaras que en la flotación con escora de 15° antes estudiada, la altura del centro de carena se mantiene sensiblemente fija a 1,83 m.; el radio metacéntrico vale:

$$\frac{I - I'}{V} = \frac{1/12(14,50 \times 8,30^3 - 13,00 \times 6,80^3)}{233} = 1,50 \text{ m.}$$

Por consiguiente, la altura del metacentro sobre el centro de gravedad es ya de:

$$1,83 + 1,50 - 2,50 = 0,83 \text{ m.}$$

y la escora que tomaría el barco bajo la acción de un momento escorante exterior de 10.000 mkg. sería solamente de

$$\text{arc sen } \frac{10}{233 \times 0,83} = 3^\circ$$

En el diagrama se ha rayado el área representativa de la reserva de estabilidad del barco partiendo de esta carena de 2,78 m. de calado, con el que puede efectuarse la operación perfectamente.

Para el fondeo, basta dar salida al aire lentamente para que el cajón baje y lastrarlo luego, bien con el hormigón del relleno, bien dando entrada al agua del exterior.