

Humboldt Marine Training

CURVAS HIDROSTÁTICAS

Preparado por

Ing. Boris L. GUERRERO B.

Valparaíso, CHILE, 2011.

INDICE DE MATERIAS

Introducción	3
Ejercicio	7
Curvas Cruzadas	8
Curva Estabilidad Estática Inicial.....		13
Corrección Geométrica de la Curva.....		15
Corrección Analítica de la Curva.....		17
Problemas	18

CURVAS HIDROSTÁTICAS.

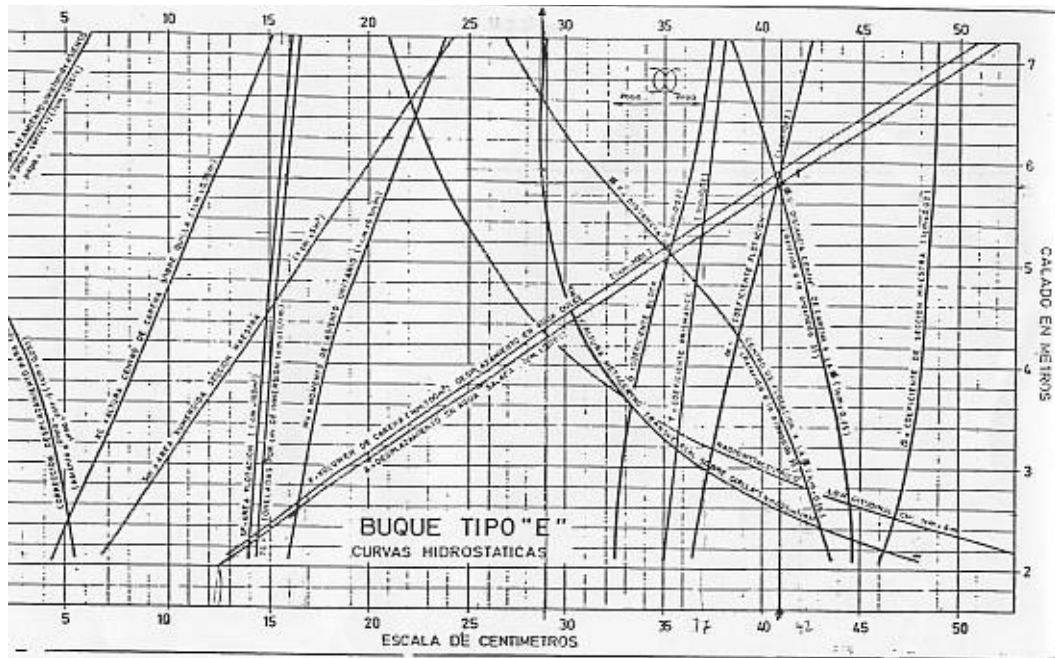
Las formas de los cascos no siguen ecuaciones ni formas geométricas comunes, por lo que calcular información que se necesite para resolver problemas de Estabilidad NO es fácil.

Por ejemplo, es difícil calcular el volumen sumergido de una nave para unos ciertos calados, como así mismo determinar la posición de su centro geométrico. Para obtener en forma rápida informaciones complejas de la nave, los Astilleros proporcionan dicha información, en forma gráfica o tabular, en las llamadas Curvas (o Tablas) Hidrostáticas.

Se les llama también “curvas de forma”, ya que dependen de la forma del casco. Así, las curvas o tablas hidrostáticas servirán para todos las naves que tengan cascos iguales, aunque sus superestructuras sean diferentes. Si un casco es modificado, por ejemplo al alargar su eslora, necesitará nuevas curvas o tablas hidrostáticas.

Para los diferentes ejercicios en que se usen curvas o tablas hidrostáticas emplearemos las correspondientes a un granelero que llamaremos “ANTONIA”. Se proporcionará al alumno un resumen del Manual de Estabilidad. También se trabajará con información técnica de una nave tipo E, ya que ese tipo de nave es considerada en los exámenes de ascenso que se toman en CIMAR.

En la figura siguiente se muestran las Curvas Hidrostáticas de una nave ‘Tipo E’. En general las curvas se dibujan indicando en el eje de las ordenadas (vertical) el calado medio del barco. En la intersección de la horizontal que corresponda al calado medio con la correspondiente curva, obtendremos un punto. Bajando la vertical desde el punto – intersección obtendremos un valor en el eje horizontal inferior. Al valor obtenido le aplicamos la escala indicada en la correspondiente curva hidrostática y obtendremos el valor buscado. Cabe hacer presente que las curvas y tablas hidrostáticas se calculan para el casco “sin” asiento, o sea ‘cero trim’ o “even keel”. Para algunas naves se proporcionan tablas hidrostáticas para distintos ‘asientos’.



Además se proporciona al alumno una planilla Excel en que se han desarrollado las Tablas Hidrostáticas del Barco Tipo E, cada un centímetro (1 cm) de calado medio.

En el resumen del Manual de Estabilidad del Granelero Antonia se encontrará en la página E 12 a E 27 las Tablas Hidrostáticas de esa nave.

A continuación se muestra una página de las Tablas Hidrostáticas del Granelero "ANTONIA".

HYDROSTATIC TABLE (WITH SHELL AND ALL APPENDAGES)

DRAUGHT (EXT.)	DISPLA -CEMENT	DIFF.	TPC	MTC	LCB	LCF	KB	TKM	LKM	DISPT. IN FW
(M)	(T)		(T)	(T-M)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	(T)
7.50	30287	0	43.5	484.2	-5.92	-3.62	3.86	12.47	282.0	29548
7.49	30244	43	43.5	484.0	-5.93	-3.63	3.86	12.47	282.3	29506
7.48	30200	44	43.5	483.8	-5.93	-3.64	3.85	12.48	282.6	29464
7.47	30157	43	43.5	483.6	-5.93	-3.65	3.85	12.48	282.9	29421
7.46	30113	44	43.5	483.4	-5.94	-3.66	3.84	12.49	283.2	29379
7.45	30070	43	43.4	483.2	-5.94	-3.67	3.84	12.50	283.4	29336
7.44	30026	44	43.4	483.0	-5.94	-3.68	3.83	12.50	283.7	29294
7.43	29983	43	43.4	482.8	-5.95	-3.69	3.83	12.51	284.0	29252
7.42	29939	44	43.4	482.6	-5.95	-3.70	3.82	12.51	284.3	29209
7.41	29896	43	43.4	482.4	-5.95	-3.71	3.82	12.52	284.6	29167
7.40	29852	44	43.4	482.2	-5.96	-3.72	3.81	12.53	284.9	29124
7.39	29809	43	43.4	482.1	-5.96	-3.73	3.80	12.53	285.2	29082
7.38	29766	43	43.4	481.9	-5.96	-3.74	3.80	12.54	285.5	29040
7.37	29722	44	43.4	481.7	-5.97	-3.75	3.79	12.54	285.8	28997
7.36	29679	43	43.4	481.5	-5.97	-3.76	3.79	12.55	286.1	28955
7.35	29635	44	43.4	481.3	-5.97	-3.77	3.78	12.56	286.4	28913
7.34	29592	43	43.4	481.1	-5.98	-3.78	3.78	12.56	286.7	28870
7.33	29549	43	43.4	480.9	-5.98	-3.79	3.77	12.57	287.0	28828
7.32	29505	44	43.4	480.7	-5.98	-3.80	3.77	12.57	287.3	28786
7.31	29462	43	43.4	480.6	-5.99	-3.81	3.76	12.58	287.6	28743
7.30	29418	44	43.4	480.4	-5.99	-3.82	3.76	12.59	287.9	28701
7.29	29375	43	43.3	480.2	-5.99	-3.83	3.75	12.59	288.2	28659
7.28	29332	43	43.3	480.0	-6.00	-3.84	3.75	12.60	288.5	28616
7.27	29288	44	43.3	479.8	-6.00	-3.85	3.74	12.60	288.8	28574
7.26	29245	43	43.3	479.6	-6.00	-3.85	3.74	12.61	289.1	28532
7.25	29202	43	43.3	479.4	-6.01	-3.86	3.73	12.62	289.4	28489
7.24	29158	44	43.3	479.3	-6.01	-3.87	3.73	12.62	289.7	28447
7.23	29115	43	43.3	479.1	-6.01	-3.88	3.72	12.63	290.0	28405
7.22	29072	43	43.3	478.9	-6.02	-3.89	3.72	12.64	290.3	28363
7.21	29028	44	43.3	478.7	-6.02	-3.90	3.71	12.64	290.7	28320
7.20	28985	43	43.3	478.5	-6.02	-3.91	3.71	12.65	291.0	28278
7.19	28942	43	43.3	478.3	-6.03	-3.92	3.70	12.66	291.3	28236
7.18	28898	44	43.3	478.2	-6.03	-3.93	3.70	12.66	291.6	28194
7.17	28855	43	43.3	478.0	-6.03	-3.94	3.69	12.67	291.9	28151
7.16	28812	43	43.3	477.8	-6.03	-3.95	3.69	12.68	292.2	28109
7.15	28769	43	43.3	477.6	-6.04	-3.96	3.68	12.68	292.6	28067
7.14	28725	44	43.3	477.4	-6.04	-3.96	3.68	12.69	292.9	28025
7.13	28682	43	43.3	477.3	-6.04	-3.97	3.67	12.70	293.2	27982
7.12	28639	43	43.2	477.1	-6.05	-3.98	3.66	12.70	293.5	27940
7.11	28596	43	43.2	476.9	-6.05	-3.99	3.66	12.71	293.9	27898
7.10	28552	44	43.2	476.7	-6.05	-4.00	3.65	12.72	294.2	27856
7.09	28509	43	43.2	476.6	-6.06	-4.01	3.65	12.72	294.5	27814
7.08	28466	43	43.2	476.4	-6.06	-4.02	3.64	12.73	294.8	27771
7.07	28423	43	43.2	476.2	-6.06	-4.03	3.64	12.74	295.2	27729
7.06	28379	44	43.2	476.0	-6.07	-4.04	3.63	12.74	295.5	27687
7.05	28336	43	43.2	475.8	-6.07	-4.04	3.63	12.75	295.8	27645
7.04	28293	43	43.2	475.7	-6.07	-4.05	3.62	12.76	296.2	27603
7.03	28250	43	43.2	475.5	-6.08	-4.06	3.62	12.77	296.5	27561
7.02	28206	44	43.2	475.3	-6.08	-4.07	3.61	12.77	296.8	27518
7.01	28163	43	43.2	475.1	-6.08	-4.08	3.61	12.78	297.2	27476
7.00	28120	43	43.2	475.0	-6.09	-4.09	3.60	12.79	297.5	27434

Se describirá la información que proporciona cada columna de la tabla anterior:

1ª Columna: "DRAUGHT". Corresponde al "calado equivalente" que tenga la nave. Se define "calado equivalente" al calado que tendría un barco, para un cierto desplazamiento, si no tuviera asiento (cero trim). Se usa esta columna también entrando el 'calado medio' para obtener las diferentes funciones hidrostáticas.

2ª Columna: "DISPLACEMENT". Indica del desplazamiento de la nave si flota en agua salada de gravedad específica estándar (g.e. 1,025), en toneladas métricas (TM). Se indica el desplazamiento

aproximado a los enteros (sin decimales). En general, los desplazamientos se trabajan 'sin' decimales.

3ª Columna: "DIFF". Diferencia entre el desplazamiento considerado y el desplazamiento para un calado de 1 cm menor.

4ª Columna: "TPC". Se indica las toneladas por centímetro de inmersión (TPC). Puede notarse que el valor mostrado es muy parecido al de la 3ª columna, pero considera un decimal de exactitud.

5ª Columna: "MTC". Muestra el valor del momento para cambiar el asiento en un centímetro (MTC), que se usará para determinar los calados del granelero.

6ª Columna: "LCB". Incluye la posición longitudinal del centro de carena (B), para el caso "sin asiento o cero trim", medida desde la sección media (llamada a veces cuaderna maestra). Para posiciones "a proa" de la sección media se considera asignarle signo "menos" (-) y si está a popa de ella se le asigna signo "más" (+). Este Manual llama, erradamente LCB a esta posición longitudinal. De acuerdo a lo convencional en estos manuales debió llamarle MID B.

7ª Columna: "LCF". Incluye la posición longitudinal del centro de flotación (F), medida desde la sección media, para la condición "sin asiento" de la nave.

8ª Columna: "KB". Indica la altura, o distancia vertical, desde la quilla hasta el centro de boyantez (B), considerando que la nave no tiene asiento (Cero trim).

9ª Columna: "TKM". Muestra la altura del metacentro transversal (M), para pequeños ángulos de escora, desde la quilla.

10ª Columna: "LKM". Muestra la altura del metacentro longitudinal (M'), desde la quilla.

11ª Columna: "DISPT. IN FW". Indica el desplazamiento en agua dulce en TM, o también el volumen sumergido, medido en m³.

Ejemplo:

Obtenga de las tablas hidrostáticas las características correspondientes a un calado de 7,33 m

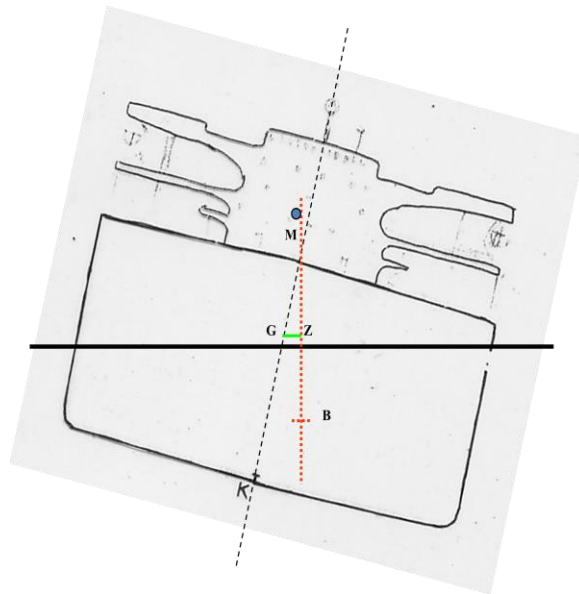
- Desplazamiento 29.549 TM
- TPC 43,4 TM/cm inm
- MTC 480,9 TM m/cm ca
- Mid B -5,98 m
- Mid F -3,79 m
- KB 3,77 m
- TKM 12,57 m
- LKM 287,0 m
- Desplazamiento agua dulce 28.828 TM

CURVAS CRUZADAS.

Vimos en el capítulo anterior la gran importancia que tiene para el analista de la estabilidad contar con la 'Curvas de Estabilidad Estática Final'. No podríamos pensar en establecer que un buque tiene mala, regular o buena estabilidad sin contar con dicha curva, que nos describirá perfectamente cómo es la estabilidad de la nave para la condición de carga que estamos analizando. Sabemos que hay herramientas que ayudan a tener una apreciación aceptable de la estabilidad, tales como el valor de la 'distancia metacéntrica (GoM)' o bien del 'período de balance', pero es sólo el análisis de la curva de estabilidad lo que permitirá tener una apreciación completa de la capacidad de la nave para mantener su condición de equilibrio seguro. Las normas OMI (o IMO) para la estabilidad de barcos están basadas en analizar la Curva de Estabilidad Estática Final.

Veremos cuáles son las herramientas con que dispondrá el encargado de la estabilidad para calcular y dibujar esa importante curva de estabilidad.

El astillero constructor de la nave calcula una curva (o tabla) llamada **Curva Cruzada**, que cuenta con la información necesaria para que el responsable de la estabilidad, normalmente el Primer Piloto, calcule la Curva de Estabilidad Estática Final.



Podemos apreciar en el gráfico anterior que si **sube** el centro de gravedad 'G' disminuirá la magnitud del brazo de adrizamiento GZ, e inversamente aumentará si **baja** el centro de gravedad 'G'. O sea el valor de GZ (y por lo tanto del momento de adrizamiento) dependerá de la posición de 'G'.

Ahora, si varía el volumen sumergido del barco cambiará la posición del metacentro 'M', ya que BM es I/V (momento de inercia del área del plano de flotación dividido por el volumen sumergido). Si varía la posición de M cambiará también el valor de GZ, o sea el valor del brazo de adrizamiento GZ es función del volumen sumergido y por lo tanto también del desplazamiento 'W'.

Hemos establecido que la magnitud del brazo de adrizamiento cambia para los distintos ángulos de escora que pueda tener la nave, ya que al ir escorándose la nave va variando la posición del centro de boyantez 'B', con lo que tendremos diferentes distancias entre las líneas de acción del peso de la nave y de la fuerza de boyantez. Esta distancia es GZ, o sea el valor de GZ es también función, o depende de, el ángulo de escora.

En resumen:

- La magnitud de GZ depende de las siguientes variables:
- Angulo de Escora
- Desplazamiento
- Altura del Centro de Gravedad

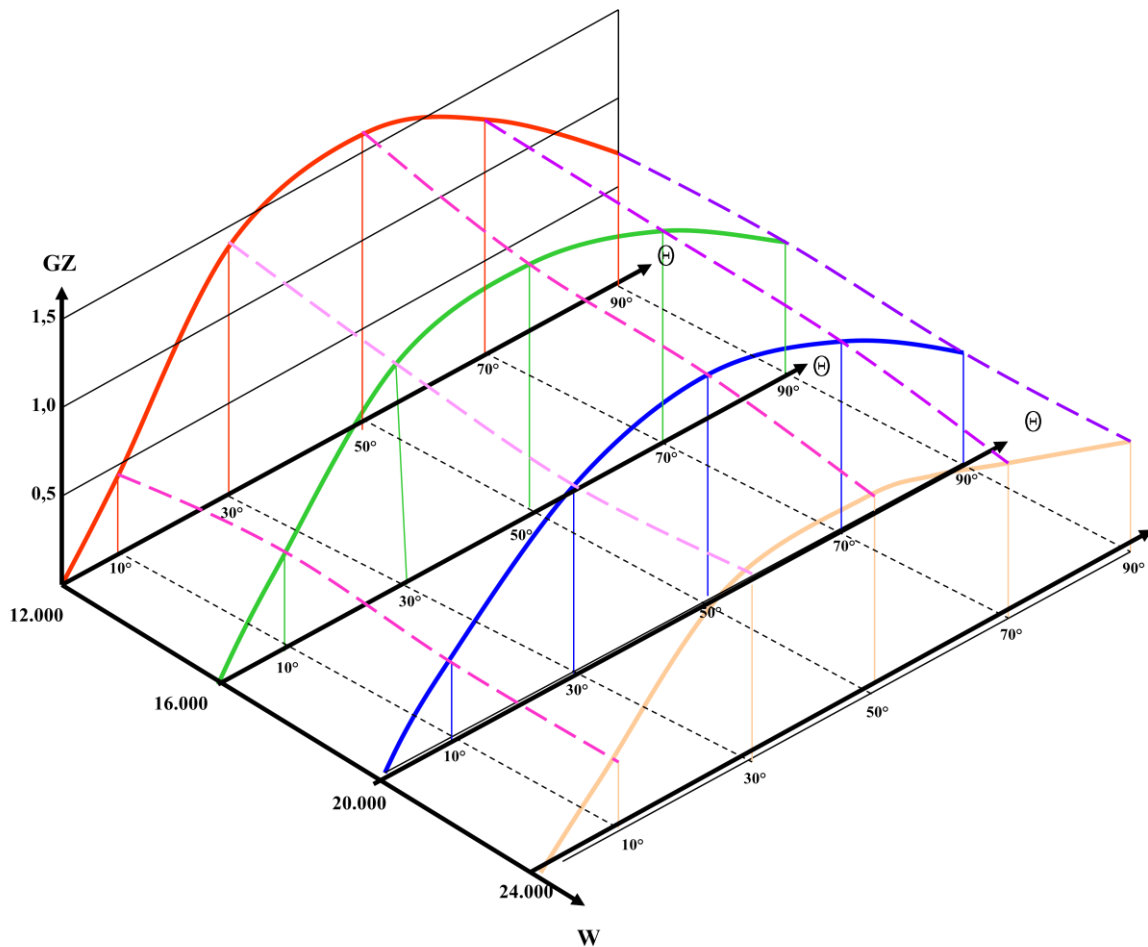
Cuando se tiene una variable dependiente podemos construir un gráfico en un plano (dos dimensiones). Si tenemos dos variables dependientes podemos construir un gráfico tridimensional, pero si tenemos tres variables estamos realmente en un problema, ya que no existen los gráficos en cuatro dimensiones.

Para eliminar este problema se recurre al artificio de considerar una de las variables como si fuera una constante, con lo que tendremos un gráfico tridimensional. Resultó lo más lógico considerar que el centro de gravedad fuera fijo, en una posición que define el calculista correspondiente.

Este gráfico tridimensional, que viene siendo "las curvas cruzadas", permitirá determinar los brazos de adrizamiento GZ (o KN) para los distintos

desplazamientos de la nave y para los diferentes ángulos de escora que pueda tener la nave.

A continuación se muestra el gráfico tridimensional que se obtendría para una cierta nave:



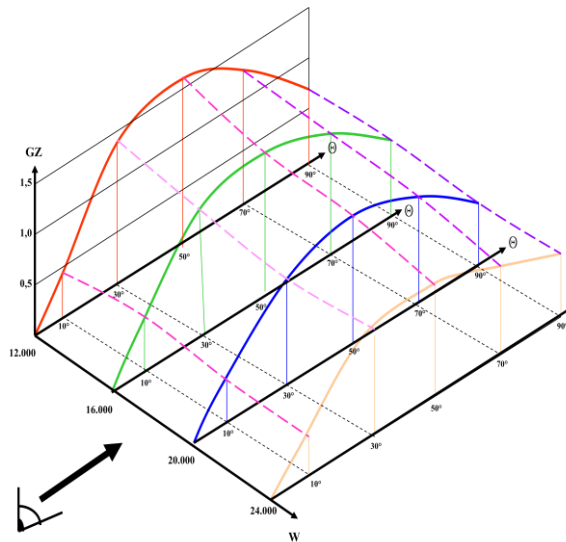
En las abscisas vemos los distintos desplazamientos del barco y en las ordenadas tendremos los brazos de adrizamiento GZ.

Si nos fijamos en el desplazamiento 12.000 TM observamos que aparece una curva de estabilidad 'roja', que nos indica los brazos de adrizamiento para, en este caso, 10°, 30°, 50°, 70° y 90° que son las líneas verticales delgadas de color rojo (o naranja oscuro). Lo mismo ocurre para desplazamientos de 16.000 TM, 20.000 TM y 24.000 TM en el ejemplo que se ha dibujado.

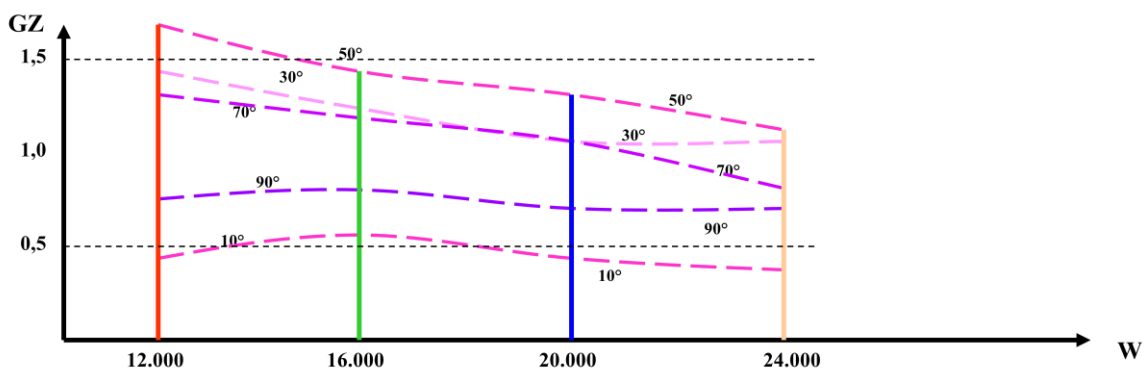
Indudablemente para cada posible desplazamiento podríamos dibujar su correspondiente curva de estabilidad, lo que nos produciría, teóricamente, infinitas curvas de estabilidad.

Observe las líneas segmentadas color rosadas. Ellas están uniendo todos los brazos de adrizamiento para 10° , 30° , 50° etcétera. Ellas son los lugares geométricos de los brazos de adrizamiento para un mismo ángulo de escora. Estas líneas, veremos, son las verdaderas “curvas cruzadas”.

No sería práctico tener a bordo un gráfico tridimensional con una infinidad de planos con curvas de estabilidad, por lo que se recurre a dibujar una proyección plana de una vista paralela a los ejes que indican los ángulos de escora, como se muestra en el gráfico a continuación.



Lo que se verá en dicha proyección será:



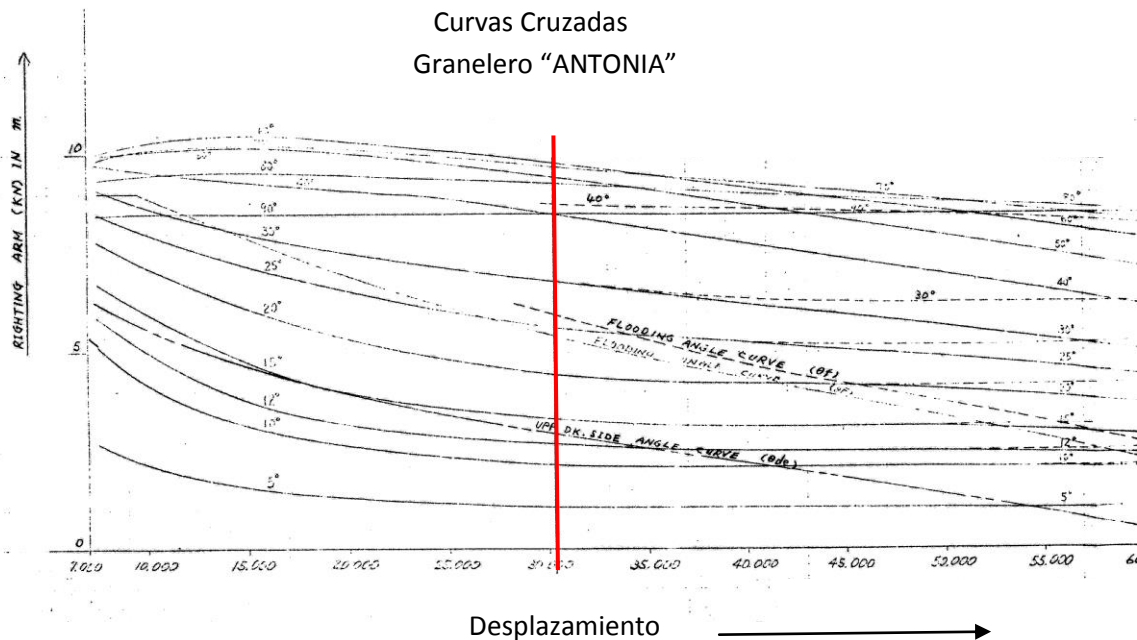
En que las líneas verticales de color rojo, verde, azul y salmón son las curvas de estabilidad “iniciales” para esos desplazamientos. Hablamos de curvas iniciales porque deberán ser corregidas para la posición ‘real’ del centro de

gravedad, ya que recordamos que se ha 'supuesto' un centro de gravedad para dibujar estas curvas.

De acuerdo a lo anterior, la definición de "curvas cruzadas" es:

- Las Curvas Cruzadas son un gráfico plano (o bi dimensional) que contienen la proyección de un gráfico tridimensional que indica el valor del Brazo de Adrizamiento GZ (o KN) en función del Desplazamiento "W" y del Ángulo de Escora " θ ". Se considera que el Centro de Gravedad está fijo en un punto elegido por el constructor de las curvas cruzadas. En el caso de la M.N. "ANTONIA" el Centro de Gravedad Inicial en la quilla (K). Se les llama Curvas KN.

Las curvas segmentadas que se ven son los lugares geométricos ya descritos y que son las curvas que observaremos en las distintas curvas cruzadas de naves.



En el gráfico superior podemos ver las Curvas Cruzadas del granelero que hemos llamado “ANTONIA”, el que puede encontrarse en la página E-94 del resumen del Manual de Estabilidad que se le proporciona al alumno.

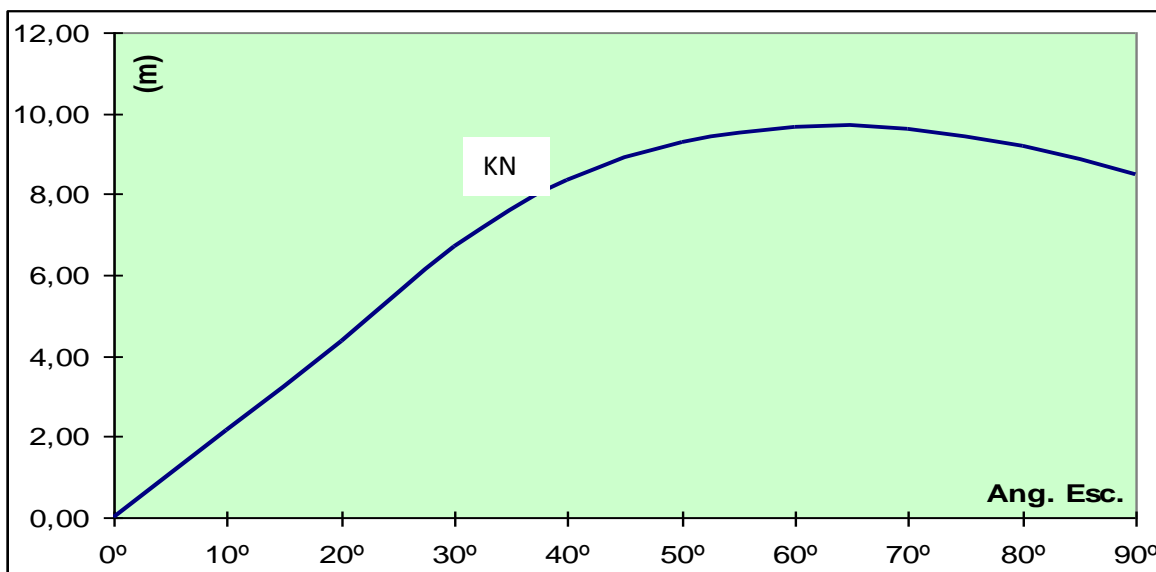
En las páginas siguientes del mismo resumen se adjuntan las “Tablas Cruzadas” del mismo granelero, las que se explicarán posteriormente.

Es frecuente que para diseñar las curvas cruzadas se suponga que el centro de gravedad está justamente en la quilla (K), en cuyo caso se las llama “Curvas KN”.

Para obtener los brazos de adrizamiento GZ iniciales (o brazos KN) del gráfico de las curvas cruzadas, se traza una vertical en el desplazamiento correspondiente (poco más de 30.000 TM) y marcada con color rojo en la curva. En la intersección de la vertical con las correspondientes curvas de los diferentes ángulos de escora ($5^\circ, 10^\circ, 12^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$, etc...) para el caso del granelero “ANTONIA” obtenemos los diferentes brazos de adrizamiento KN, leyéndolos en el eje de las ordenadas, directamente en metros.

Estos valores los podemos llevar a un gráfico en que tengamos los ángulos de escora en las abscisas y los brazos (GZ o KN) en las ordenadas, con lo que estamos obteniendo la Curva de Estabilidad Estática Inicial.

Curva Estabilidad Estática Inicial



También con los valores obtenidos podremos ir formando la tabulación para el cálculo analítico, que es lo que realmente se usa.

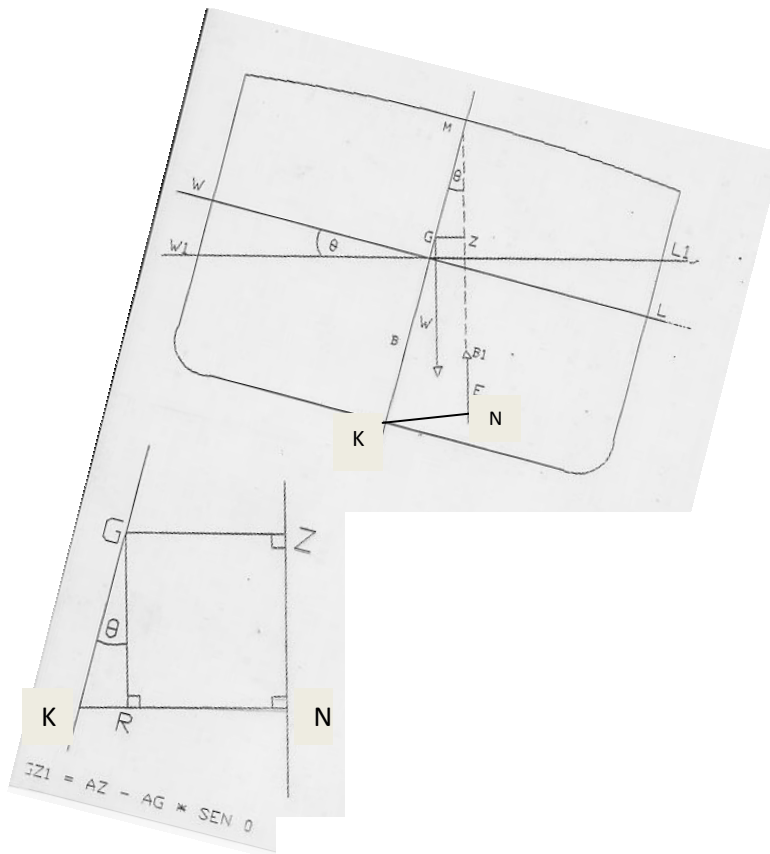
Ang Esc	KN(m)
0º	0,000
5º	1,070
10º	2,140
12º	2,580
15º	3,230
20º	4,360
25º	5,520
30º	6,680
40º	8,360
50º	9,280
60º	9,660
70º	9,610
80º	8,20
90º	8,49

Esta tabulación se completará posteriormente para calcular la corrección que permitirá determinar la 'Curva de Estabilidad Estática Final'.

Corrección a la curva.

- La Curva de Estabilidad Inicial deberá ser corregida, ya que se ha supuesto la posición del Centro de Gravedad justo sobre la quilla, (para el caso del “Antonia”).
- Deberá efectuarse una corrección por una supuesta “subida” de G, tal como se describe a continuación.

Para la condición de carga que se esté analizando, el operador de la estabilidad conocerá perfectamente la posición del centro de gravedad ‘G’ del barco (obtenido del ‘cuadro de carga’ y corregido el efecto de superficies libres).



Hemos visto que se supuso que el centro de gravedad estaba en la quilla ‘K’, para poder construirse las curvas cruzadas, pero consideremos que el centro de gravedad está realmente en ‘G’.

Si analizamos el gráfico inferior, lado izquierdo, tendremos que de las curvas cruzadas habremos obtenido un brazo de adrizamiento KN, pero el brazo de adrizamiento real es GZ.

Pero GZ es igual a RN. O sea, para llegar al brazo de adrizamiento real debemos 'restarle' KR. Como $KR = KG \text{ sen } \theta$, tendremos que la corrección del brazo de adrizamiento se reduce a:

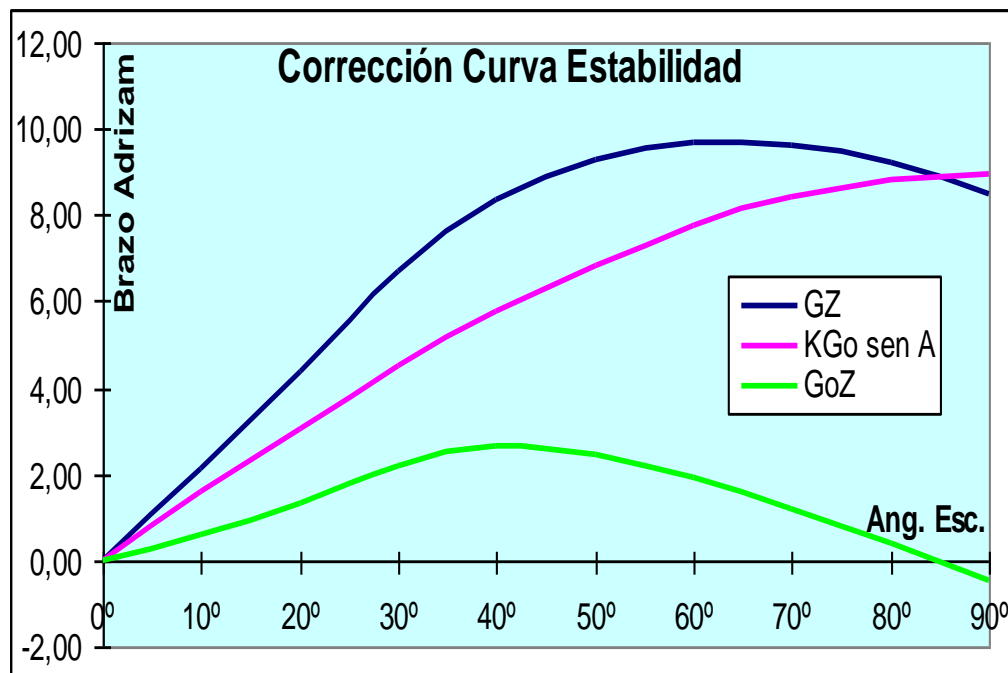
$$GZ = KN - KG \text{ sen } \theta$$

La solución gráfica se muestra en el gráfico incluido a continuación, en que:

La curva azul es la función de KN, tal como se obtiene de las curvas cruzadas.

La curva roja es la corrección $KGo \text{ sen } \theta$

La curva verde es la función de GoZ , o sea la curva azul 'menos' la curva roja, o sea $GoZ = KN - KGo \text{ sen } \theta$, o sea **la Curva de Estabilidad Estática Final**. Recordamos que el sub índice 'ceros' indica que se ha corregido el efecto de superficies libres, como veremos posteriormente.



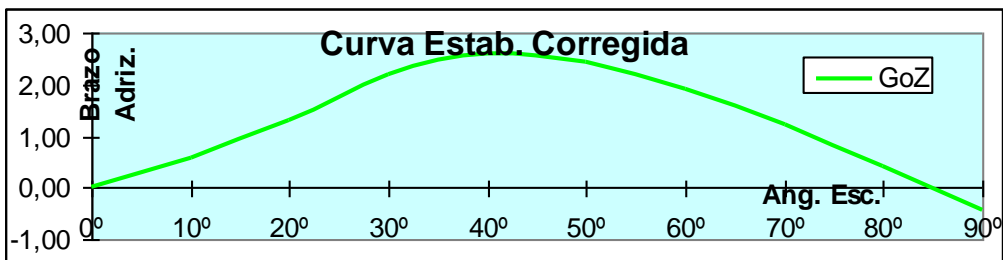
La solución analítica se muestra en el cuadro que se adjunta a continuación, en base al ejemplo planteado anteriormente. Si esta disposición se programa en una planilla Excel se facilitará considerablemente la operatoria de cálculo.

CURVA ESTABILIDAD ESTÁTICA M.N. "ANTONIA"

W 32.250 KGo 8,94

Ang Esc	GZ	KGo	sen Ang	KGo sen A	GoZ
0	0,000	8,940	0,000	0,000	0,000
5	1,070	8,940	0,087	0,779	0,291
10	2,140	8,940	0,174	1,552	0,588
12	2,580	8,940	0,208	1,859	0,721
15	3,230	8,940	0,259	2,314	0,916
20	4,360	8,940	0,342	3,058	1,302
25	5,520	8,940	0,423	3,778	1,742
30	6,680	8,940	0,500	4,470	2,210
40	8,360	8,940	0,643	5,747	2,613
50	9,280	8,940	0,766	6,848	2,432
60	9,660	8,940	0,866	7,742	1,918
70	9,610	8,940	0,940	8,401	1,209
80	9,200	8,940	0,985	8,804	0,396
90	8,490	8,940	1,000	8,940	-0,450

En la última columna del lado derecho tendremos tabulados los valores correspondientes a la función GoZ. Si la graficamos obtendremos la misma **Curva de Estabilidad Estática Final** calculada en forma gráfica, anteriormente.



PROBLEMA

- La M.N. "ANTONIA" tiene un calado medio de 7,55 m y su centro de gravedad está a 9,44 m sobre la quilla, considerando el efecto de superficies libres.
- Determinar todas las características que dan las tablas hidrostáticas.
- Calcular y dibujar las curvas de estabilidad estática inicial y final.

Calcular la altura metacéntrica por método gráfico.

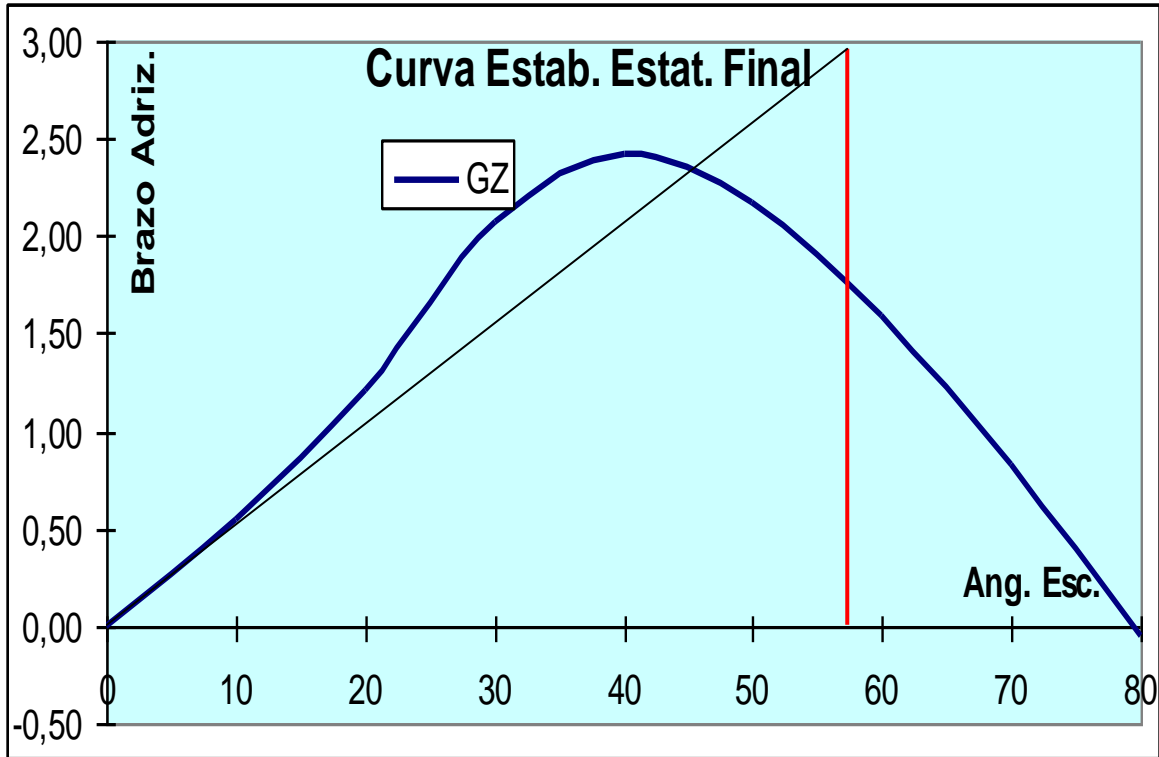
SOLUCIÓN

- $W = 30.505 \text{ TM}$ $TPC = 43,5 \text{ TM/cm inm}$
- $MTC = 485,2 \text{ TM-m/cm}$
- $\text{Mid B} = -5,91 \text{ m}$ $\text{Mid F} = -3,57 \text{ m}$
- $KB = 3,89 \text{ m}$ $TKM = 12,44 \text{ m}$
- $LKM = 280,6 \text{ m}$ $W_{FW} = 29.761 \text{ TM}$

CURVA ESTABILIDAD ESTATICA M.N. "ANTONIA"

W **30.500** KGo **9,44**

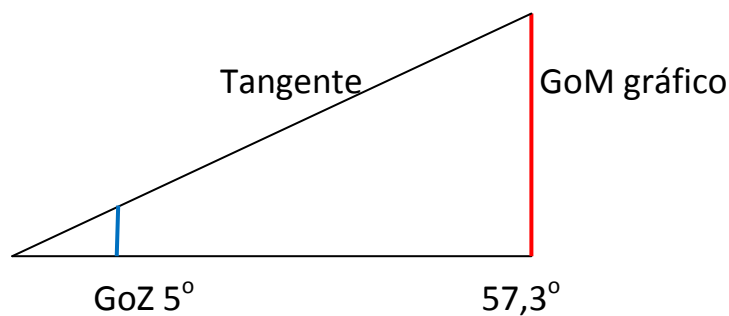
Ang Esc	GZ	KGo	sen Ang	KGo sen A	GoZ
0	0,000	9,440	0,000	0,000	0,000
5	1,090	9,440	0,087	0,823	0,267
10	2,180	9,440	0,174	1,639	0,541
12	2,620	9,440	0,208	1,963	0,657
15	3,290	9,440	0,259	2,443	0,847
20	4,440	9,440	0,342	3,229	1,211
25	5,610	9,440	0,423	3,990	1,620
30	6,790	9,440	0,500	4,720	2,070
40	8,480	9,440	0,643	6,068	2,412
50	9,400	9,440	0,766	7,231	2,169
60	9,770	9,440	0,866	8,175	1,595
70	9,690	9,440	0,940	8,871	0,819
80	9,250	9,440	0,985	9,297	-0,047
90	8,500	9,440	1,000	9,440	-0,940



GoM gráfico

Para calcular la distancia metacéntrica GoM se traza la tangente a la primera parte de la curva de estabilidad y en su intersección con la vertical levantada en el ángulo de un radián ($57,3^\circ$) leída en la escala de las ordenadas. El GoM gráfico es mostrado en color rojo.

Para obtener una mayor exactitud en el cálculo del GoM gráfico se puede hacer una proporción de triángulos comparando el GoZ del menor ángulo tabulado (5° en el caso del "ANTONIA") y el GoM gráfico.



$$\text{GoM}_{\text{gráfico}} / \text{GoZ } 5^\circ = 57,3/5$$

Para el ejemplo último tendríamos

$$\text{GoM}_{\text{gráfico}} = 0,267 \times 57,3 / 5 = \mathbf{3,06 \text{ m}}$$

PROBLEMA

Usando los datos de la condición de carga 2-1, en página C-25 del Resumen del Manual de Estabilidad del Granelero "ANTONIA", calcular la curva de estabilidad estática final, determinar el GoM gráfico y comparar con los resultados de la página C-27. (igualmente, las otras condiciones de carga del mismo resumen pueden servir para practicar la construcción de curvas de estabilidad).