



## Didattica attorno al modellismo navale dinamico (navigante).

### BARICENRI E DISLOCAMENTO

di Simone Matera

**Un metodo pratico per la misura delle aree e la ricerca grafico-analitica del baricentro di carena o centro di carena di uno scafo, per chi non dispone di computer e relativo software CAD.**

#### PREMESSA:

**1. – Galleggiamento e stabilità di navigazione:** oltre alla *galleggiabilità*, per l'assetto della nave, è molto importante considerare *la stabilità*, per questo motivo il baricentro o centro di carena "C" deve trovarsi sempre sopra il baricentro del modello "G", (vedi fig. a), e questo si ottiene sistemando i componenti più pesanti (batterie, motori ecc; nella parte **più** bassa dello scafo) e costruire la sovrastruttura con materiali più leggeri, (le navi da guerra hanno la sovrastruttura d'alluminio che pesa circa 3 volte meno del ferro). Ecco perché è importante sapere la posizione del centro di carena nella fase di progettazione di un modello.

**Il peso** del battello è uguale al peso dell'acqua spostata dal **volume di carena** ed è chiamato **dislocamento** (da non confondere con la **stazza**, che è, invece, *il volume della capacità di carico di una nave, determinata da un'unità di misura che è la 'tonnellata di stazza', pari a mc. 2,83168!*

**5. Baricentro:** Per lo studio ed il calcolo di un qualsiasi baricentro o di un centro di figura è indispensabile avere la misura delle superfici interessate: specialmente se di contorno irregolare.

#### I metodi di misura delle superfici possono essere i seguenti:

1. Con il computer e CAD, seguendo il perimetro della superficie stessa.
2. Con un planimetro polare di Amsler, seguendo il perimetro della superficie stessa
3. Con il metodo grafo-numeric, metodo dei trapezi o di Bezout (dividendo la superficie in trapezi ecc)
4. Con un reticolo, sovrapponendo un reticolato trasparente alla figura, come carta millimetrata trasparente (reticola di Banberg), ecc. contando i quadretti interessati dalla figura.
5. Con la squadretta iperbolica di **Beauvais**..come di seguito spiegato.

**Con il metodo di Beauvais**, dopo avere costruita la squadretta, (anche con cartoncino), è molto facile e veloce calcolare la superficie, in particolare per le superfici di forma irregolare.

#### Costruzione della squadretta.

1 – Scegliere la costante di squadra. Esempio. 5 cmq. Significa che ad ogni passo o spostamento di squadra, la superficie misurata fra i bordi dell'iperbole, è sempre 5 cmq. La somma dei passi, o spostamenti, della squadretta, positivi e negativi, moltiplicati per la costante di squadra danno la superficie della figura analizzata.

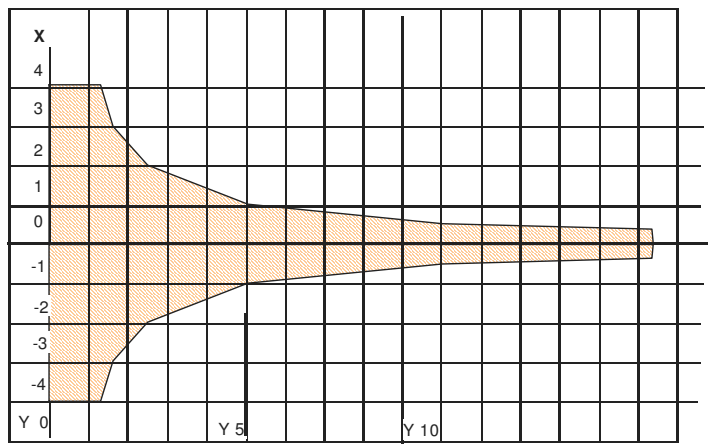


Figura 1

La formula è la seguente :

esempio per costante da 5 cmq. **5cm. diviso X = Y** come si vede nella tabella seguente dove :

5 diviso 4 = 1,25  
 5 diviso 3 = 1,67

5 diviso 2 = 2,5  
 5 diviso 1 = 5  
 -----  
 -----

e così di seguito in modo da costruire l'intera squadretta che ritagliata su un foglio sottile di plastica è pronta per l'uso. Vedi figura 1

Nota d'esempio: l'ascissa sull'ordinata 5 è 1 +1, per cui il triangolo formato  
 Con il polo zero della squadretta è:

$$5 \times 2 = 10 \text{ DIVISO } 2 = 5$$

che è appunto la costante della squadretta.

Tabella 1

Ascissa X-	Ordinata Y
4	1,25
3	1,67
2	2,50
1	5,00
0,5	10,00
0,33	15,15
-0,33	15,15
-0,5	10,00
-1	5,00
-2	2,50
-3	1,67
-4	1,25

**Misura di una superficie irregolare con la squadretta iperbolica.**

IL metodo di misura della superficie della figura, consiste nel fissare l'origine della squadretta in un punto, anche con uno spillo, e di percorrere il perimetro della superficie contando i "passi" della squadretta in andata (positivi) e in ritorno (negativi). Vedi figura 2. e figura 3

Ad ogni passo, la squadretta misura la superficie uguale alla costante della stessa, dall'estremità al punto fisso di rotazione. In questo caso 5 cmq. Nell'esempio qui riportato, sono 12 passi per 5cmq = 60 cmq. di superficie lorda.

Lo stesso occorre fare con i passi indietro per avere la superficie netta. Vedere come evidenziato nelle due figure 2 e 3

E' intuitivo, se la superficie da misurare è così grande da contenere all'interno la squadretta, allora tutti i passi della stessa saranno positivi.

Nella fase di ritorno sono 5,5 passi, moltiplicati per la costante 5cmq. = 27,5 cmq. Di superficie negativa.

Superficie lorda 60 cmq meno 27,5 cmq = **32,5** di superficie netta.

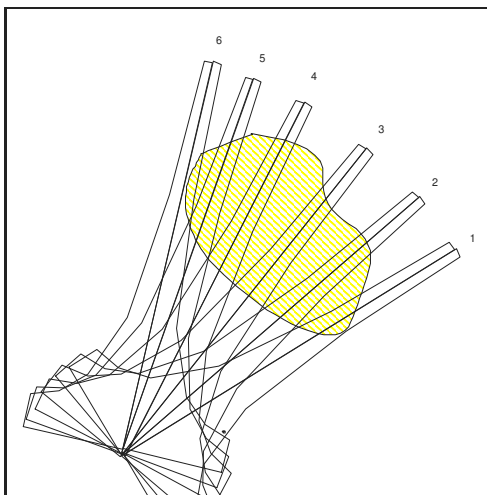


Figura 3

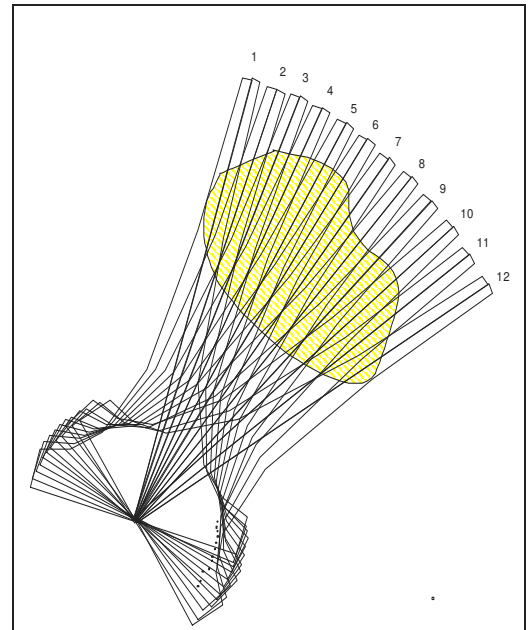


Figura 2

Ancora più semplice: 12 passi positivi meno 5,5 negativi

**12 - 5,5 = passi 6,5 x costante 5 = 32,5 cmq. di superficie netta!!**

**Calcolo dei baricentri con il metodo grafico-analitico dei momenti statici.**

Uno studio importante d'Archimede sulla stabilità dei galleggianti, è stato quello di trovare il punto dove il liquido spostato (dislocamento) esercita la spinta, in relazione con il baricentro del battello.

Questo importante punto è il **centro di carena o baricentro di carena "C"**.

Conoscere la sua posizione è essenziale per il progetto di una nave, perché se i baricentri sono male calcolati lo scafo non è stabile in particolar modo nei modelli male calcolati si vedono rullare in modo non simpatico, ed, in certe situazioni, possono sbandare eccessivamente al punto di affondare.

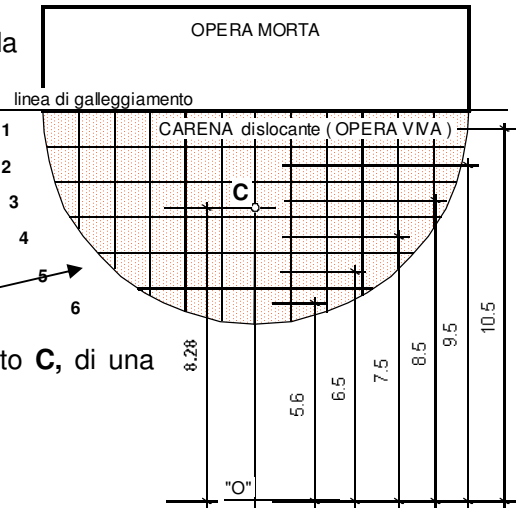
*Famoso è il caso del Wasa (si pronuncia Wuòsa) avvenuto nel 1628 nel porto di Stocolma, sbandando talmente al punto di affondare al momento del suo viaggio inaugurale.*

**Come trovare il baricentro di una sezione di carena con il metodo dei momenti statici.**

Esempio per una sezione di carena del progetto. Si divide la sezione stessa in zone parallele di forma quasi trapezia. L'area d'ogni zona si moltiplica per la distanza del suo baricentro da un punto fisso scelto a piacere (punto "O" della figura 4 a fianco). Ottenendo così il momento statico. La somma delle 6 aree delle zone della figura è l'area di carena, mentre la somma di tutti i momenti statici divisa dall'area della carena è la distanza baricentrica del centro di carena dal punto "O".

**Figura 4**

Abbiamo così calcolato la posizione del baricentro, il punto **C**, di una sezione di carena a simmetria bilaterale,



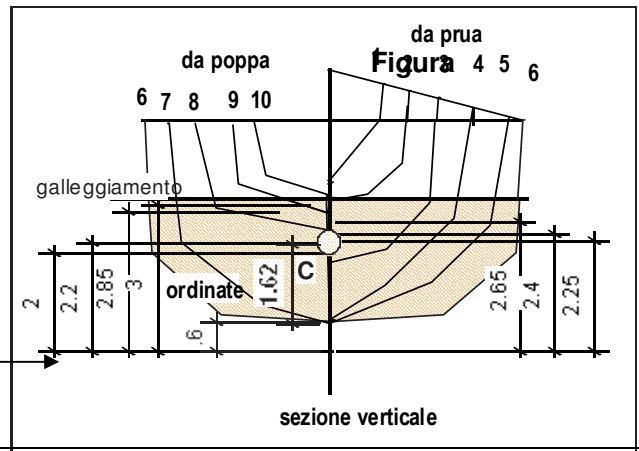
Area cmq	Dis. baric.	mom. statici
1 - 11,90	x 10,5	= 124,95
2 - 11,42	x 9,5	= 108,49
3 - 11,36	x 8,5	= 96,56
4 - 9,05	x 7,5	= 67,88
5 - 7,91	x 6,5	= 41,42
6 - 4,38	x 5,6	= 24,53

somma aree 56,02    somma dei mom. statici 463,83

distanza baric. dal punto "O" = **463,83 / 56,02 = 8,28cm**

La tabella a fianco spiega meglio le operazioni effettuate per la ricerca analitica del baricentro di una figura, come quella di esempio a simmetria bilaterale, che è tipico per le sezioni di carena delle navi.

**Figura 5**



Il centro di carena gioca un ruolo molto importante per la stabilità del natante in particolare per i battelli a vela perché è indispensabile per il calcolo di stabilità in rapporto con il centro velico, ecc.

### Calcolo della posizione del centro di carena "C" del battello in relazione alla fig. 5

Tabella n° 2	Aree cmq.	dist. Baric.	momenti Statici
Ordinata n° 3	3,62 x	2,6 =	9,41
Ordinata n° 4	8,36 x	2,4 =	20,06
Ordinata n° 5	11,70 x	2,2 =	25,74
Ordinata n° 6	16,20 x	2,0 =	32,40
Ordinata n° 7	11,00 x	2,2 =	24,20
Ordinata n° 8	1,50 x	2,8 =	4,20
Ordinata n° 9	0,30 x	3,0 =	0,90

Totale aree cmq. 52,68 tot. Mom. 116,92  
Baricentro carena  $116,92/52,68 = 2,22 \text{ cm.}$

### Calcolo del dislocamento di un natante e del suo centro di spinta o baricentro di carena "C"

#### Calcolo del Dislocamento.

Dalla sezione delle ordinate del tritico, abbiamo le singole aree di ogni ordinata già calcolata. Vedi tabella n° 2.

Si sommano le aree di due ordinate corrispondenti; la loro media si moltiplica per la distanza fra loro stesse, ottenendo un volume come da esempio sotto riportato.

Ord. 2 + ord. 3	diviso 2 x la distanza fra le due	$(0 + 3,62) / 2 \times 1 = 1,81 \text{ cmc.}$
Ord. 3 + ord. 4	diviso 2 x la distanza fra le due	$(3,62 + 8,36) / 2 \times 1 = 5,99 \text{ cmc.}$
Ord. 4 + ord. 5	diviso 2 x la distanza fra le due	$(8,36 + 11,70) / 2 \times 1 = 10,03 \text{ cmc.}$
Ord. 5 + ord. 6	diviso 2 x la distanza fra le due	$(11,70 + 16,20) / 2 \times 2 = 27,90 \text{ cmc.}$
Ord. 6 + ord. 7	diviso 2 x la distanza fra le due	$(16,20 + 11,00) / 2 \times 2 = 27,20 \text{ cmc.}$
Ord. 7 + ord. 8	diviso 2 x la distanza fra le due	$(11,00 + 1,50) / 2 \times 1 = 6,25 \text{ cmc.}$
Ord. 8 + ord. 9	diviso 2 x la distanza fra le due	$(1,50 + 0,30) / 2 \times 1 = 0,90 \text{ cmc.}$
Ord. 9 + ord. 10	diviso 2 x la distanza fra le due	$(0,30 + 0) / 2 \times 1 = 0,15 \text{ cmc.}$
Somma il volume di carena		<b>80,23 cmc.</b>

*il volume di carena, come detto in precedenza, corrisponde al peso totale del natante in condizione di navigare a pieno carico, in questo caso è di **80,23 grammi.***

### Centro di spinta o baricentro di carena "C" per un natante con il metodo analitico dei momenti statici.

La superficie di ogni ordinata di carena è moltiplicata per la sua distanza da un punto qualsiasi, in questo caso dalla prua, ottenendo così un "momento statico" che è unità di terzo ordine. Vedi figura 6.

La sommatoria di tutti i momenti statici delle ordinate di carena, diviso la sommatoria delle superfici delle ordinate di carena, che è unità di secondo ordine, dà, come risultato, la distanza del baricentro di carena dalla prua del natante, unità, appunto di primo ordine.

$$\text{Distanza. Baricentrica } D = \frac{\Sigma \text{mom.stat.}}{\Sigma \text{superfici di carena}}$$

Mom. 1 – ordinata 3 cmq. 3,62 x distanza da prua 3 = mom. stat. 10,86 cmc.

Mom. 2 - ordinata 4 cmq. 8,36 x distanza da prua 4 = mom. stat. 33,44 cmc.

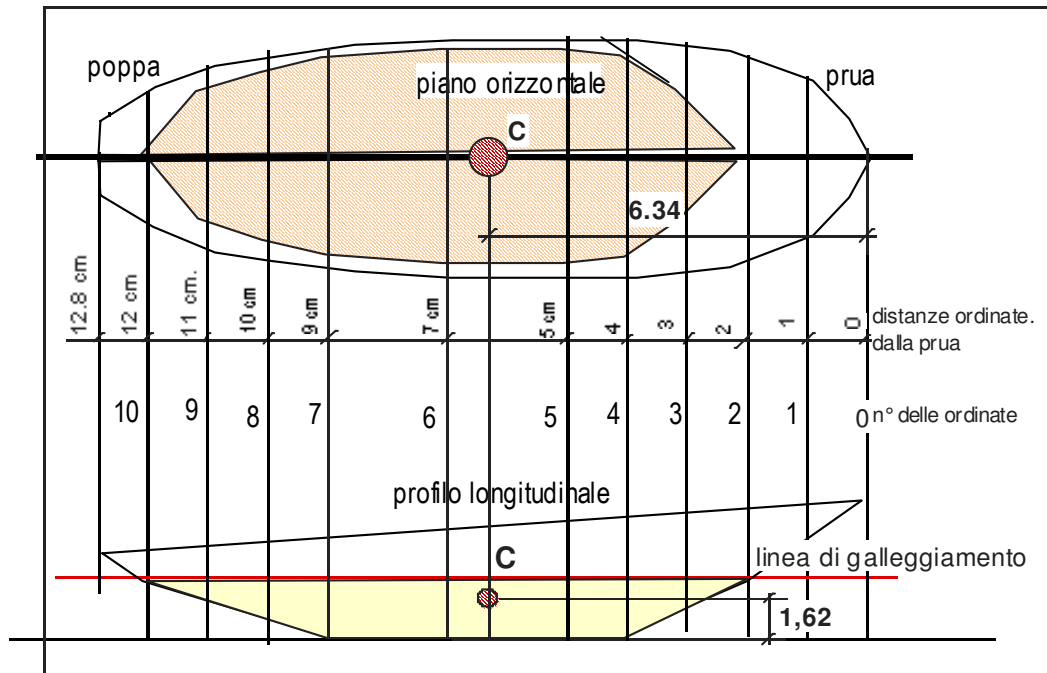
Mom. 3 - ordinata 5	cmq. 11,70 x distanza da prua	5 = mom. stat.	58,50 cmc.
Mom. 4 - ordinata 6	cmq. 16,20 x distanza da prua	7 = mom. Stat.	113,40 cmc.
Mom. 5 - ordinata 7	cmq. 11,00 x distanza da prua	9 = mom. Stat.	99,00 cmc.
Mom. 6 - ordinata 8	cmq. 1,50 x distanza da prua	10 = mom. stat.	15,00 cmc.
Mom. 7 - ordinata 9	cmq. 0,30 x distanza da prua	11 = mom. stat.	3,30 cmc.

$\Sigma$  superfici di carena **cmq. 52,60**

$\Sigma$ mom.stat. **333,50 cmc.**

Distanza. Baricentrica  $D = 333,50 / 52,50 = 6,34$  cm. dalla prua

Nella figura 6 è riportata la posizione del centro di carena secondo i calcoli eseguiti negli esempi precedenti.



**Figura 6**

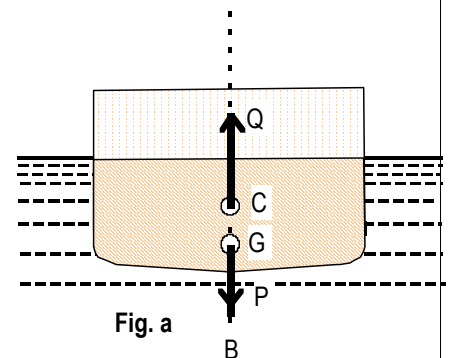
### METACENTRO

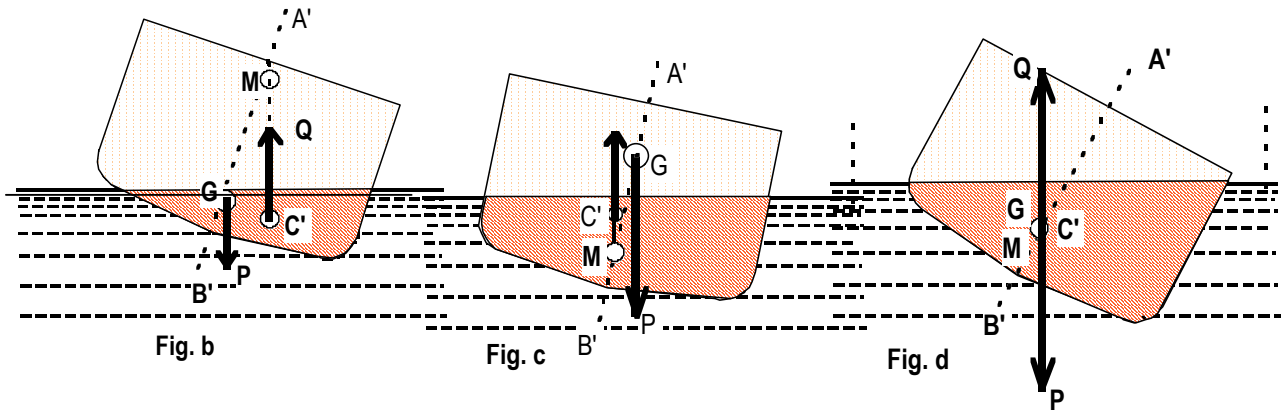
Sia **G** il centro di gravità del battello e **C** il centro di carena (fig. a). Nel caso della figura, il battello, è in equilibrio (centro di carena **C** è superiore al baricentro del battello **G**), inoltre, la spinta **CQ** è uguale e contraria al peso **GP** del battello stesso lungo la retta di simmetria **A-B** (asse primitivo),

Inclinando di poco il battello, l'asse di simmetria si sposta in **A'-B'** (fig. b) ed il centro di spinta occupa un'altra posizione in **C'**.

Il punto d'incontro **M** della verticale **C'-Q** (spinta della carena) con l'asse di simmetria **A'-B'**. dicesi **METACENTRO** (fig. b).

E' evidente che la spinta della carena **Q** ed il peso del battello **P**, formano un coppia di forze che tende a fare ruotare lo scafo con un momento stabilizzante!





l'equilibrio è stabile (fig. b) se il punto **M (metacentro)**, cade al di sopra del centro di gravità **G**, perché, cessando la forza ribaltabile (vento, spostamento di carico, ecc.), la coppia **peso-spinta** lo conduce alla posizione di iniziale.

l'equilibrio è instabile (fig. c) quando il punto **M (metacentro)**, cade sotto il baricentro **G** (infatti il baricentro di carena è al di sotto del baricentro del battello **G** (fig. c). Perché la coppia peso-spinta allontana sempre più lo scafo dalla sua posizione iniziale, quindi è una coppia di forze che tende a fare ruotare lo scafo con un momento ribaltante!.

l'equilibrio è indifferente (fig. d) quando il punto **M (metacentro)**, coincide sempre con **G**, qualunque sia la posizione dello scafo. Non c'è coppia e nessun momento (fig. d).

**Metacentro** è chiamato così il punto **M**, la cui considerazione è dovuta a *Clairaut*.

In conclusione: l'equilibrio di un galleggiante è **stabile, instabile e indifferente** secondo che il **metacentro** è al di **sopra**, al di **sotto** o in **coincidenza** del centro di gravità **G** o baricentro del battello galleggiante.

Per qualsiasi quesito sull'argomento, chi è interessato può contattarmi al seguente indirizzo E-Mail [senenmut@fastwebnet.it](mailto:senenmut@fastwebnet.it)

S. donato Mil - dicembre 2008

*Simone Matera*

