

El lecho del Río de la Plata

Cuando se dice que en algunos sitios del Río de la Plata los buques se hunden dos veces no se está mintiendo, ya que la primera lo hacen en la superficie del agua y la segunda en una capa de limo floculado

Este "segundo hundimiento" implica una serie de reflexiones que se analizan a continuación:

Una gran extensión del fondo del río está formada por limo blando.

Esto hace que cualquier objeto, como una plataforma para medición de mareas, corrientes, radiación solar, etc. que sólo esté apoyada superficialmente, presentará un equilibrio inestable.

El inconveniente reside en que las arcillas que forman el lecho, al sentir la presión de la misma, van desalojando el agua que hay en los espacios intermoleculares entre ellas llegando a apoyarse unas contra otras.

Esto provoca un equilibrio físico meta estable que se manifiesta en una licuefacción súbita de los sólidos al estímulo de una perturbación importante como un temporal, terremoto, el toque de un buque al atracarse a su costado, producirá el hundimiento instantáneo al transformarse el fondo en una materia inestable.

Para lograr una fijación estable deberá ser piloteado profundamente.

Esto provoca que el garreo de los buques no se siente sobre la cadena como cuando se garrea en arena, canto rodado, conchilla, etc., ya que el ancla se va arrastrando suavemente en el fondo sin clavarse y desclavarse como lo hace con las otras calidades de fondo.

Este fenómeno no es nuevo ni se registra únicamente en el Río de la Plata. Recibe el nombre en castellano de limo floculado (fluido no newtoniano), en inglés de "*quick clay*" (arcillas escurridizas).

El SHN de la Argentina ha tenido lamentables experiencias hace ya muchos años, con la instalación de dos torres mareo gráficas en el banco Ortiz, las que se hundieron luego de sendos temporales.

Otro aspecto interesante del fondo del río, y que hace al interés especial del navegante, son las profundidades que se anotan en la cartografía y por ende también en los canales de acceso.

Cuando, hace ya muchos años, se comenzó a sondear el Río de la Plata con sondas ecoicas se observó una diferencia entre profundidad obtenida con la misma y la que habían sido medidas con escandallo. Estas últimas mostraban profundidades mayores entre 0,30 y 0,90 m.

Esta desigualdad entre ambos sistemas ocasionaba un grave problema, teniendo en cuenta la escasa profundidad del río.

Estas dudas tomaron estado público en su momento cuando el SHN de Argentina entregó a los prácticos del Río de la Plata los planos de sondajes de la zona del Pontón Recalada en su antiguo emplazamiento.

Allí se ponía de manifiesto que la determinante de la zona estaba en los 8,60 m. al plano de reducción.

Pero los prácticos, expertos conocedores del río, alegaban, y con razón, que ellos habían entrado buques con calados tales que mostraban que la información del S.H.N. no era correcta sino bastante inferior.

Se hicieron entonces reuniones para discutir todos los aspectos de la cuestión, llegándose a la conclusión que tanto la información de los prácticos como los datos del SHN eran correctos.

Salió a la luz un hecho que recordaron los prácticos.

Los buques, en algunas partes del río, en lugar de hundirse cuando navegan, disminuían su calado ó variaban su asiento, y personal del SHN notó que en dichas zonas era donde el escandallo daba más profundidad que la sonda ecoica.

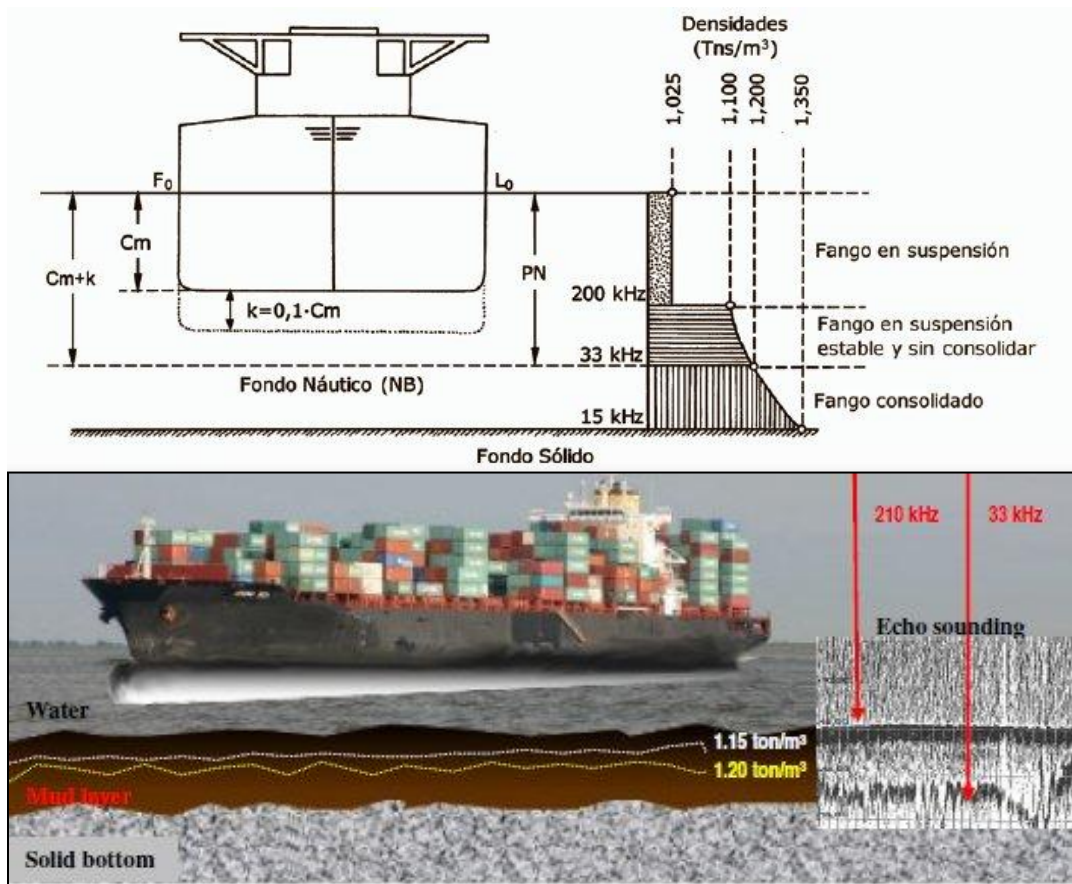
En definitiva se llegó a la conclusión que los buques, sin varar, más que navegar, deslizaban la parte inferior de su carena sobre una tenue capa de limo, el que al tener una densidad mayor hacía que calasen menos.

El lecho del río en algunos lugares, tiene por lo tanto tres capas de limo:

- La superior, un limo en suspensión, que la sonda ecoica no detecta,
- Una segunda capa de limo más denso ($\delta \cong 1,1 \leq 1,2$), que la sonda ecoica sí detecta, que el escandallo atraviesa sin dificultad y en la que los buques pueden desplazarse sin varar
- Y una capa de limo consolidado en la que el escandallo no penetra ó sea una capa de fango más duro que en esa zona no es detectado por las sondas ecoicas y donde los buques si tocan, varan.

La segunda capa de limo se denomina limo floculado

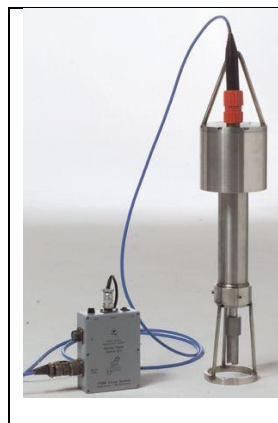
Nota del autor: Floculo Copo gelatinoso todavía poco diferenciado, que se forma en una solución coloidal al iniciarse su coagulación



Este problema no es exclusivo del Río de la Plata.

Puertos como Rotterdam o Zeebrugge sufren el mismo fenómeno. La diferencia radica en que ellos lo tienen perfectamente vigilado mediante equipos especiales que les permiten tener conocimiento diario del espesor y la ubicación de los bancos de limo floculado, los cuales “navegan” con las corrientes.

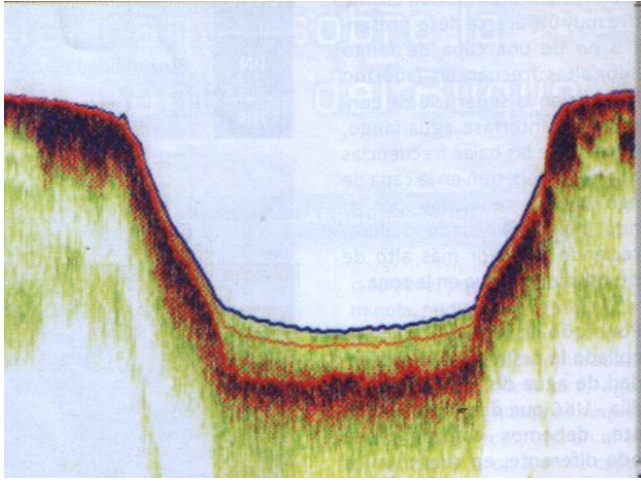
A continuación podemos observar alguno de los equipos utilizados para su detección, como la Densi Tune



La misma posee un diapasón en su parte inferior.

Haciendo vibrar unos de sus patas y se mide la frecuencia que le llega a la otra.

De esa forma puede determinar, no solo las distintas densidades que tienen las sucesivas capas de limo floculado, sino también el esfuerzo de corte.



Transductores de altas frecuencias (100 Khz. hasta 1.000 Khz.), como los que poseen normalmente los buques mercantes, son muy precisos debido a que su haz es más concentrado, pero su desventaja radica en la atenuación que les produce el incremento de la densidad cercana al fondo, detectando un limo floculado cuando la densidad del mismo está próxima a 1,1 t/m³. En dichas áreas deberían utilizarse transductores que trabajen con frecuencias entre 20 Khz. y 50 Khz., las que permitirán registros que muestren diferentes densidades, como lo muestra la figura siguiente.

Respecto al origen de los limos floculados conviene aclarar su procedencia:

La cuenca del Plata abarca más de 4.000.000 de Km²,

En ella nacen y fluyen grandes ríos y sus afluentes que finalmente desembocan en el Río de la Plata aportándole entre 16.000 a 23.000 m³ de agua por segundo.

El principal de ellos es el Paraná que nace al norte de Río de Janeiro, bordea el Paraguay, cruza nuestro país recorriendo 4.000 Km. y juntamente con los ríos Paraguay y Uruguay integran el llamado sistema del Plata que da nombre a la cuenca por ellos recorrida.

El régimen de lluvias de esta inmensa extensión donde nacen sus afluentes hay aún zonas deshabitadas, con selvas vírgenes, donde los datos no son suficientes.

Depende, en definitiva, en que zona ha llovido más para saber que afluente aportará más agua finalmente al Río de la Plata; y según el mismo será el tipo de arcilla que predominará al llegar al Río de la Plata, porque no todos arrastran sedimentos de iguales características físicas.

No olvidemos que el Bermejo aporta entre el 80 y 85% del total de los sedimentos que transporta el Río Paraná.

Vale decir que la proporción de arcillas que navegan por el Río de la Plata dependerán de la cantidad de lluvias caídas a miles de kilómetros de distancia.



Así bajan esas aguas pardas hacia el mar, hasta que el agua dulce comienza a mezclarse con la salada.

La zona de mezcla ocupa una gran extensión, no existiendo una "línea" divisoria fija.

Dicha línea divisoria depende de la cantidad de agua dulce que traiga el río y, por sobre todo, las perturbaciones meteorológicas hacen que esa zona de agua salobre se desplace hacia adentro ó hacia afuera.

Nota del autor: Se ha comprobado que la onda M_2 recorre la distancia existente entre el muelle de San Clemente del Tuyú hasta el canal Punta Indio (Torre Oyarvide), en cuatro horas treinta y nueve minutos y hasta el puerto de Buenos Aires en cinco horas veintidós minutos más.

Dada la pequeña amplitud de las mareas astronómicas, las corrientes que originan son poco intensas. Normalmente corren a razón de 0,8 nudos cuando la marea crece y 1 nudo cuando baja.

Estas aguas salobres comparadas con el agua dulce que hasta ahora transportaba las arcillas, tienen un **pH** diferente y la presencia de electrolitos producirá una precipitación diferente en cada calidad de sedimento.

Esta precipitación se denomina generalmente "floculación".

Dado que la salinidad de esas aguas no es homogénea, tanto horizontal como verticalmente, alteran y hacen difícil determinar la magnitud de la precipitación de arcillas, y para complicar aún más el problema, dicha precipitación no tiene que ser necesariamente total, es decir llegar al fondo, es decir, unas lo hacen asentándose en el fondo, otros quedarán en suspensión un nivel superior dentro de la masa de agua.

De este modo se tendrá en el agua, un aumento de densidad, de arriba hacia abajo, cuando se navegue por cada zona de distintas arcillas en suspensión, y retorno de la sonda nos indicará diferentes profundidades que no serán las reales.

Una pregunta que surge es:

¿Cuál es la profundidad que debe dar el SHN?:

La del escandallo o la de la sonda ecoica.

y en este último caso:

¿Medida con que frecuencia?

Pero en realidad ese dato no se brinda ya que oficialmente no hay un constante monitoreo con instrumental adecuado para determinar la ubicación, el espesor y el esfuerzo de corte que generan sobre la carena las distintas densidades de las capas de arcillas floculadas.

Ante esa duda en la profundidad, se coloca en las cartas náuticas los sondajes que dan el registro de la sonda ecoica, aunque normalmente sean menores a las que los que usan los prácticos para sus navegaciones cotidianas.

Ellos conocen este fenómeno por experiencia y merecen, sin duda, el reconocimiento al entrar muchas veces buques que se debaten durante millas y millas de navegación entre el deslizamiento sobre el limo.

He aquí un arte diferente de navegar ya que podemos afirmar que en estos casos un buque se desplaza entre tres fluidos de distinta densidad.

Y a la pérdida de calado que se produce los prácticos la denominan "revancha".

Esa ausencia de una clara definición de su espesor puede provocar innecesarias restricciones a las profundidades realmente navegables y a posibles excesos de dragados.

Durante el 25º Congreso del *PIANC*, realizado en Edimburgo en Mayo de 1.981 se formó un grupo de trabajo bajo los auspicios del II Comité Técnico Permanente a fin de preparar un informe sobre:

1. Profundidad náutica
2. Métodos de medición de las características de los límites de fondo
3. Descripción de los efectos de la capa de limo sobre la maniobra del buque

La recomendación para el desarrollo del trabajo fue la siguiente:

"... dar una clara definición de profundidad navegable en áreas de lechos no firmes, a fin de describir los factores que afectan a esa profundidad y para recomendar técnicas de medición, levantamiento y representación cartográfica"

El trabajo del grupo tomó 1½ año y en su transcurso se realizaron dos reuniones plenarias y a pesar de haberse expedido al fin de dicho período, los trabajos de investigación aún hoy continúan para averiguar más sobre ese complejo fenómeno y ello trajo como consecuencia la definición de profundidad náutica:

Se la define como la máxima profundidad respecto al nivel de reducción de la carta que, para propósitos de la navegación, es considerada segura para ser aceptada como el lecho del canal.

Pero para poder definir "lecho del canal" es necesario reunir los dos criterios siguientes:

- El casco del buque no deberá sufrir daño alguno aunque el valor de su calado coincida con el de la profundidad náutica.
- La maniobra del buque no deberá verse seriamente afectada.

Ambos criterios dependen de las características del limo:

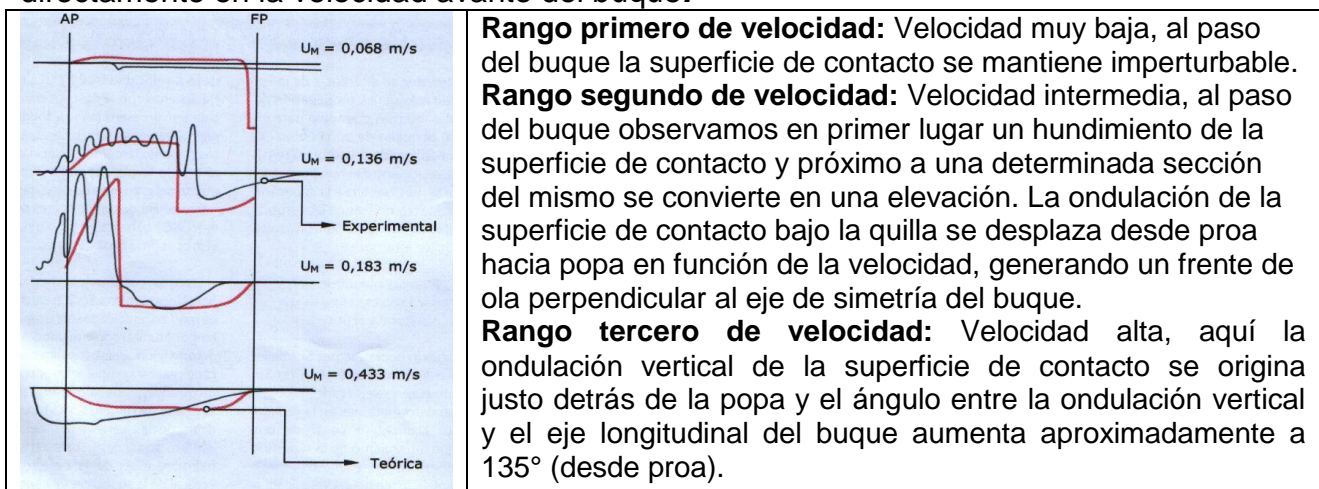
- Densidad.
- Propiedades reológicas

Nota del autor: La reología es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir. Es una parte de la mecánica de medios continuos. Un fluido no newtoniano es aquél cuya viscosidad varía con la temperatura y la tensión cortante que se le aplica. Como resultado, un fluido no-newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante, a diferencia de un fluido newtoniano.

Aunque el concepto de viscosidad se usa habitualmente para caracterizar un material, puede resultar inadecuado para describir el comportamiento mecánico de algunas sustancias, en concreto, los fluidos no newtonianos. Estos fluidos se pueden caracterizar mejor mediante otras propiedades reológicas, propiedades que tienen que ver con la relación entre el esfuerzo y las tensiones bajo diferentes condiciones de flujo, tales como condiciones de un esfuerzo cortante.

Un ejemplo barato y no tóxico de fluido no newtoniano puede hacerse fácilmente añadiendo almidón de maíz en una taza de agua. Se añade el almidón en pequeñas proporciones y se revuelve lentamente. Cuando la suspensión se acerca a la concentración crítica es cuando las propiedades de este fluido no newtoniano se hacen evidentes. La aplicación de una fuerza con la cucharilla hace que el fluido se comporte de forma más parecida a un sólido que a un líquido. Si se deja en reposo recupera su comportamiento como líquido. Un ejemplo familiar de un fluido con el comportamiento contrario, o sea newtoniano, es la pintura. Se desea que fluya fácilmente cuando se aplica con el pincel y si se le aplica una presión, pero una vez depositada sobre la superficie se desea que no gotee.

Se deben además tener en cuenta la generación de ondas en la interfase agua – limo ya que están relacionados con la deformación vertical de la superficie de contacto, influyendo directamente en la velocidad avante del buque.



Para valores de UKC grandes y negativos, la relación facilitada entre velocidad y deformación de la superficie de contacto es menos clara.

Por esto, para los fines prácticos, es necesario establecer un parámetro común en los levantamientos hidrográficos

Si la densidad es usada como criterio para determinar la profundidad náutica, entonces es necesario seleccionar un valor que sea considerado apropiado con el cual el esfuerzo de corte no sea excesivo.