Rock Bottom: Calculador de Reserva Mínima para inmersiones recreativas, en aguas abiertas y sin paradas de descompresión

Fuente principal http://www.scriptkiddie.org/diving/rockbottom.html

¿Qué quiere decir Rock Bottom?

La traducción literal es *FONDO DE ROCA*, y se refiere a que, **en función de la disponibilidad de aire,** hay una profundidad que no debe ser superada, es como si existiese un "fondo de roca virtual".
Es una expresión del mismo estilo que la de *techo de cristal*, utilizada para significar que en una inmersión con paradas de descompresión obligatorias no podemos salir a superficie directamente, existe un techo virtual, que no vemos, más allá del cual se esconde un accidente.
No encuentro una traducción aceptable así que a partir de ahora utilizaré la expresión *Rock Bottom* en inglés. Agradecería sugerencias de equivalencias en castellano.

Definición

Las reglas para el *Rock Bottom*, son que se debe comenzar inmediatamente el ascenso cuando se alcanza el punto en que, si uno mismo o el compañero se encontrasen sin aire, ambos, compartiendo el aire restante, puedan salir a superficie haciendo las paradas necesarias. Una vez que se ha ido más allá del límite del *Rock Bottom* si ocurre un fallo de suministro, no es posible manejarlo correctamente, y aparece un riesgo elevado de barotrauma, enfermedad descompresiva o muerte.
Cuando un buceador alcanza su presión de *Rock Bottom*, debe inmediatamente ascender a una profundidad menor. Si se alcanza el *Rock Bottom* y después de señalarlo al guía, este continúa con la inmersión, se debe iniciar el ascenso con el compañero. Si se alcanza el *Rock Bottom* y el compañero no responde adecuadamente, al salir hay que leerle la cartilla y reconsiderar seriamente si interesa seguir buceando con él.
El signo del pulgar hacia arriba no es una preguntas, es una señal de comando. Para evitar fallos de comunicación bajo el agua estas reglas deben quedar claras antes de descender[1]

Mínimos del *Rock Bottom*

La presión mínima de aire en la botella con la que se puede permanecer a una profundidad dada para poder responder a una emergencia debe ser suficiente para que, los dos buceadores, compartiendo el aire, puedan:

---

[1] "The rules for Rock Bottom are that you should immediately begin ascending when you hit the point where if your buddy had an OOA that you could get both of you back to the surface while doing all your stops. Once you have gone beyond the Rock Bottom limit if a failure occurs you could not handle it, and you run an increased risk of DCS or death.
When a diver hits their rock bottom pressure they should immediately begin ascending to a shallower depth. If you hit rock bottom and thumb or turn the dive to a DM and they continue diving you should take your buddy and begin your ascent. If you hit rock bottom and thumb and your buddy doesn't respond you should read them the riot act when you get out, and re-consider diving with them.
The thumb sign isn't a question, its a statement. To prevent miscommunication underwater these rules should be gone over prior to descending." (tomado de http://www.scriptkiddie.org/diving/rockbottom.html)

1) Permanecer un minuto a esa profundidad (tiempo de reacción)

2) Realizar un ascenso controlado hasta la parada de seguridad.

3) Realizar la parada de seguridad.

4) Ascender a superficie.

Y todo ello teniendo en cuenta que, en situaciones de emergencia el consumo aumenta con respecto al buceo normal (se acepta que en un factor de entre 2 y 3 veces).

Cálculo del *Rock Bottom*

Para este cálculo he montado una hoja de cálculo en formato MS-Excel. Permite realizar muchos supuestos en función de las profundidades, el tamaño de las botellas y el consumo habitual de los dos buceadores.
Para aquellos que no deseen explorarla ni complicarse la vida, permite sacar una sencilla conclusión:

Con un tanque de 12 litros las reservas mínimas son:
20m. 60 BAR
30m. 80 BAR
40m. 110 BAR

¿Dónde queda aquello que nos dijeron cuando hicimos el curso de Open Water o Una Estrella de que lo de la reserva consistía en acabar la inmersión con 50 Bares?

En realidad, si recordamos que en aquellos tiempos teníamos la profundidad máxima limitada a 18m., todo cuadra.

Para acabar con 50 Bares desde -18m., hay que empezar a subir con 60 o 70 Bares en la botella, que es lo que dice el *Rock Bottom* (para un consumo en reposo de 15 litros por minuto y ATA con un factor de 2 para el incremento del gasto en situaciones de emergencia).

Pero con el tiempo vamos bajando más profundo, algunos, apoyados simplemente en la experiencia (es decir, bastante por la cara) y otros, después de hacer un curso de *Buceador Avanzado*.

Estos cursos abren muchas y variadas posibilidades al buceador, pero precisamente por ello, son incapaces de profundizar en cualquiera de los múltiples temas tratados y, con respecto al caso que nos ocupa, ofrecen una información muy limitada con respecto a la gestión de aire en inmersiones profundas[2] (por profunda aquí entendemos entre los 18 los 40 metros, límite del buceo recreativo)

[2] Al contrario de lo que sucede con cualquier curso de buceo técnico (tipo *Deep Diver* , *Extended Range* y similares) en los que la gestión de aire es tratada con detalle y en los que si se incluyen conceptos como el *Rock Bottom* y las reglas de tercios, cuartos y más...

Veamos el caso concreto de PADI, en su manual de Entrenamiento Avanzado *Adventures In Diving*[3], en ningún momento se explica algo tan básico como que hay que vigilar el aire restante para, en cualquier momento, tener reserva suficiente para ascender compartiendo con el compañero, a una velocidad adecuada y haciendo la parada de seguridad.

No se si al leerlo me escapó algo, pero, por lo que ví, en cuanto a la reserva, no hay nada nuevo, con lo que, al final, nos seguimos quedando con lo dicho en el *Open Water*: **Salir con 50 Bar.**

---

3 En el caso concreto de PADI, en su manual de Entrenamiento Avanzado *Adventures In Diving*, se dice lo siguiente con respecto al tema del suministro de aire:

> Página 63: "debe utilizarse una botella con al menos 2000 litros de aire", es decir, un 10 litros a 200 bares, no es mucho, pero es lo que dice.
>
> Página 65: "debe utilizarse un equipo de respiración de emergencia a nivel de la parada de seguridad....una botella con un regulador colgando de un cabo..". A todas luces inútil si el ascenso no se realiza por el cabo de fondeo, como suele suceder en casos de emergencia.
>
> Página 65-66: "Estación de apoyo en superficie... una boya con un cabo anclado y un cabo lastrado a 5 metros para colocar el equipo de respiración de emergencia y unas muñequeras lastradas". Igual de inútil si el ascenso se hace lejos de ella.
>
> Página 73: Cuadro "Cálculo del consumo de aire". Aquí es donde se supone que se trata el tema con detalle, pero se limita a explicar como a mayor profundidad el consumo aumenta, a ofrecer una tabla con los factores de conversión para distintas profundidades y a mostrar el modo de calcular los consumos a una profundidad dada. No hay nada relativo a la reserva y al cálculo del gasto durante un ascenso.
>
> En varios lugares se hace hincapié en que como a profundidad se gasta más, se debe comprobar la presión de la botella con más frecuencia que a profundidades menores.

No se si se me escapa algo, pero, por lo que veo, en cuanto a la reserva no hay nada nuevo, con lo que nos quedamos con lo dicho en el *Open Water*: Salir con 50 Bar

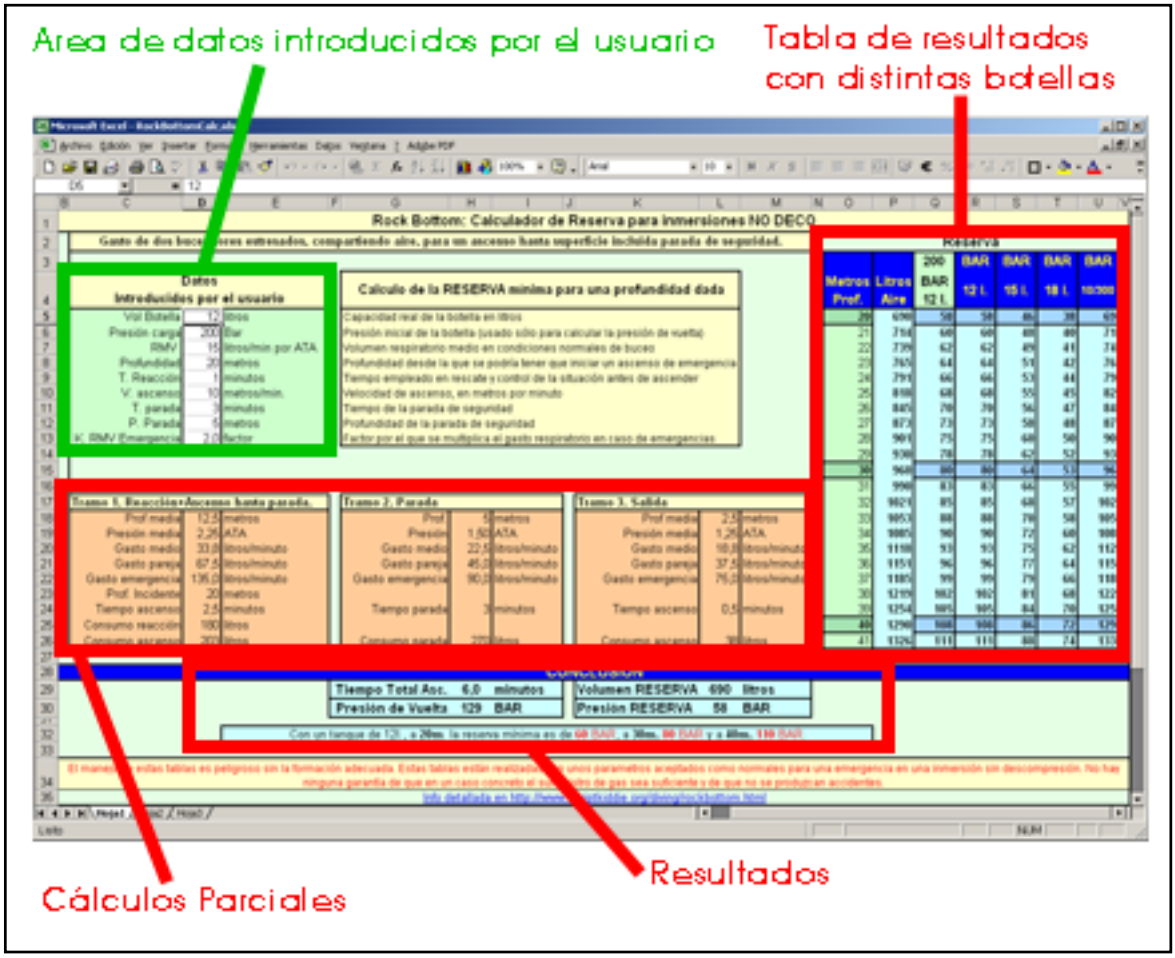
Descargar la hoja de cálculo ReservaCalculadorRockBottom.xls

Manejo de la Hoja de Cálculo *Rock Bottom*

Este es un volcado de la pantalla completa, en el que se señalan las cuatro partes fundamentales de la hoja:

1) Recuadrada en verde, el área donde el usuario introduce los datos de la inmersión concreta que quiere calcular.
2) Debajo, con recuadro rojo, los cálculos de consumos parciales, a) del tiempo de reacción y el ascenso hasta la parada, b) de la parada de seguridad, c) de la salida.
3) A la derecha una tabla con presiones correspondientes a distintas botellas y profundidades.
4) Abajo, los resultados correspondientes a los datos introducidos.

Además hay títulos, indicaciones y una advertencia de peligro.



Veamos cada parte con detalle:

Área de datos introducidos por el usuario:

Datos Introducidos por el usuario			Calculo de la RESERVA mínima para una profundidad dada
Vol Botella	12	litros	Capacidad real de la botella en litros
Presión carga	200	Bar	Presión inicial de la botella (usado sólo para calcular la presión de vuelta)
RMV	15	litros/min por ATA	Volumen respiratorio medio en condiciones normales de buceo
Profundidad	20	metros	Profundidad desde la que se podría tener que iniciar un ascenso de emergencia
T. Reacción	1	minutos	Tiempo empleado en rescate y control de la situación antes de ascender
V. ascenso	10	metros/min.	Velocidad de ascenso, en metros por minuto
T. parada	3	minutos	Tiempo de la parada de seguridad
P. Parada	5	metros	Profundidad de la parada de seguridad
K. RMV Emergencia	2,0	factor	Factor por el que se multiplica el gasto respiratorio en caso de emergencias

Las celdas de color blanco de esta ventana son la parte modificable por el usuario, en ellas se introducen los datos correspondientes a la inmersión. En la parte derecha aparece una línea explicativa de cada uno de los parámetros, pero dos de ellos se merecen una explicación más detallada:

RMV (Volumen respiratorio medio en condiciones normales de buceo): Un buceador experto en condiciones relajadas consume unos 12 litros por minuto en superficie (a la presión ambiente de 1 ATA[4], a –10m, a 2 ATA, consume 12x2=24, a –40m, a 5 ATA, 12x5=60 litros por minuto y así sucesivamente). Un buceador novato consume entre 20 y 30 litros por minuto y ATA. En esta celda debe ponerse el promedio del RMV de los dos buceadores de la pareja, para dos expertos puede ser de 12 a 15, para dos novatos de por lo menos 25 y de 20 para un experto y un novato.

K. RMV Emergencia (Factor por el que se multiplica el gasto respiratorio en caso de emergencias): En condiciones de *stress* aumenta el consumo, se considera que en una emergencia este aumento multiplica el consumo normal por un factor de 2 ó incluso 3, es decir, que un buceador que normalmente consume 15 litros por minuto y ATA, pasa a consumir de 30 a 45.

Cálculos Parciales:

Tramo 1. Reacción+Ascenso hasta parada.			Tramo 2. Parada			Tramo 3. Salida		
Prof media	12,5	metros	Prof.	5	metros	Prof media	2,5	metros
Presión media	2,25	ATA	Presión	1,50	ATA	Presión media	1,25	ATA
Gasto medio	33,8	litros/minuto	Gasto medio	22,5	litros/minuto	Gasto medio	18,8	litros/minuto
Gasto pareja	67,5	litros/minuto	Gasto pareja	45,0	litros/minuto	Gasto pareja	37,5	litros/minuto
Gasto emergencia	135,0	litros/minuto	Gasto emergencia	90,0	litros/minuto	Gasto emergencia	75,0	litros/minuto
Prof. Incidente	20	metros						
Tiempo ascenso	2,5	minutos	Tiempo parada	3	minutos	Tiempo ascenso	0,5	minutos
Consumo reacción	180	litros						
Consumo ascenso	203	litros	Consumo parada	270	litros	Consumo ascenso	38	litros

En esta parte aparecen una serie de datos utilizados para el cálculo así como los consumos parciales de cada una de las fases del ascenso. A la izquierda figuran los consumos correspondientes al tiempo de reacción (a la profundidad del incidente) y a la fase de ascenso hasta la parada de seguridad. En el centro está el cálculo del consumo durante la parada y a la derecha el correspondiente a la salida a superficie desde la profundidad de la parada. El consumo total, en litros, es la suma de estos cuatro parciales.

[4] ATA es la abreviatura da Atmósfera de Presión Absoluta, en superficie hay 1 ATA, a 10m hay 2 ATA, a n metros (n/10)+1 ATA.

Tabla con presiones correspondientes a distintas botellas y profundidades:

Reserva						
Metros Prof.	Litros Aire	200 BAR 12 l.	BAR 12 l.	BAR 15 l.	BAR 18 l.	BAR 10/300
20	690	58	58	46	38	69
21	714	60	60	48	40	71
22	739	62	62	49	41	74
23	765	64	64	51	42	76
24	791	66	66	53	44	79
25	818	68	68	55	45	82
26	845	70	70	56	47	84
27	873	73	73	58	48	87
28	901	75	75	60	50	90
29	930	78	78	62	52	93
30	960	80	80	64	53	96
31	990	83	83	66	55	99
32	1021	85	85	68	57	102
33	1053	88	88	70	58	105
34	1085	90	90	72	60	108
35	1118	93	93	75	62	112
36	1151	96	96	77	64	115
37	1185	99	99	79	66	118
38	1219	102	102	81	68	122
39	1254	105	105	84	70	125
40	1290	108	108	86	72	129
41	1326	111	111	88	74	133

Una vez calculados los litros necesarios para el ascenso, en esta zona se construye una tabla que nos muestra las presiones a las que hay que comenzar el ascenso a partir de los datos proporcionados por el usuario sobre su consumo (RMV), el tiempo de reacción, profundidad y duración de la parada de seguridad y el coeficiente K de incremento del gasto por el *stress* en situaciones de emergencia.

La primera columna muestra la profundidad, la segunda, el volumen de aire necesario, la tercera, las presiones de *Rock Bottom* para la botella escogida por el usuario en la columna de datos y las siguientes, las correspondientes a otros tamaños de botella estandar. Las cifras se vuelven rojas cuando la presión mínima para empezar a subir es superior a la presión de carga de la botella.

Resultados correspondientes a los datos introducidos:

CONCLUSION					
Tiempo Total Asc.	6,0	minutos	Volumen RESERVA	690	litros
Presión de Vuelta	129	BAR	Presión RESERVA	58	BAR

El tiempo total de ascenso incluye el tiempo de reacción, el de ascenso hasta la parada, el de la parada y el de salida a superficie desde esa cota.

La presión de vuelta es la presión a la que debe iniciarse el retorno para encontrarse con la presión de Rock Bottom en el punto de salida (lo de dar la vuelta al llegar a 100 Bares es otra fuente de problemas)

El volumen de reserva es el gas estrictamente necesario para salir.

La presión de reserva es la que se necesita tener en la botella para poder realizar un ascenso controlado de emergencia con el compañero sin aire. Se asume que en caso de un incidente de pérdida total de aire por parte de uno de los buceadores de la pareja, la presión al salir es de 0 Bar.