

Tarea 3

Valentina Iturra Rosales

En los archivos adjuntos (.txt) se encuentra información obtenida de una sonda llamada CTD e incluye Presión en decibar (DBAR), temperatura (en la escala ITS-90*) y salinidad (en unidades de salinidad práctica: PSU** PSS-78) obtenida en dos estaciones oceanográficas realizadas frente a Chile (aproximadamente 32°30'S).

Primeramente descargamos los datos

```
clc
clear all

CTD10 = readmatrix('KN38D_P06_010.txt');
CTD12 = readmatrix('KN38D_P06_012.txt');

P10 = CTD10(:,1);
T10 = CTD10(:,2);
S10 = CTD10(:,3);
lat10 = -32.490167;
lon10 = -72.512667;

P12 = CTD12(:,1);
T12 = CTD12(:,2);
S12 = CTD12(:,3);
lat12 = -32.503500;
lon12 = -72.997500;
```

PARTE A

1. Calcule la salinidad absoluta a partir de la salinidad práctica dada en los archivos indicados anteriormente.

```
[SA10, in_ocean1] = gsw_SA_from_SP(S10,P10,lon10,lat10);
[SA12, in_ocean2] = gsw_SA_from_SP(S12,P12,lon12,lat12);
```

Explique y comente el significado de salinidad práctica y la nueva medida de salinidad absoluta.

La salinidad práctica es la que se almacena en las bases de datos, la salinidad absoluta sirve para evaluar propiedades termodinámicas en la ecuación termodinámica del agua de mar TEOS-10 [1], la cual usaremos de este punto en adelante. Es por lo que es importante transformar desde la salinidad practica a la absoluta.

2. Calcule la temperatura conservativa (Θ) a partir de la temperatura potencial (θ).

```
TP10 = gsw_pt_from_t(SA10,T10,P10);
TP12 = gsw_pt_from_t(SA12,T12,P12);

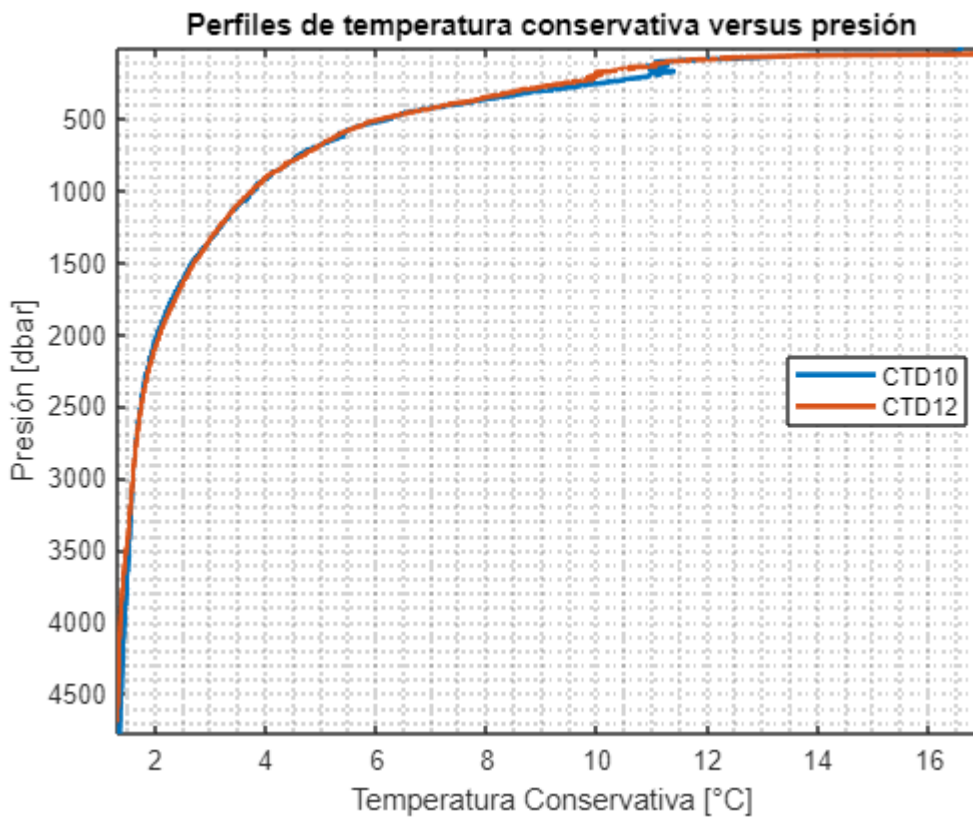
CT10 = gsw_CT_from_pt(SA10,TP10);
CT12 = gsw_CT_from_pt(SA12,TP12);
```

Explique qué representa la temperatura conservativa.

La temperatura conservativa es proporcional a la entalpia potencial, puesto que se calcula como la entalpia potencial dividido en el calor específico. Esta temperatura representa el contenido de calor en el agua marina, si bien ésta es muy parecida a la temperatura potencial, es más precisa en esta representación que la temperatura potencial [1].

Grafique los perfiles de temperatura conservativa (versus presión) y salinidad absoluta (versus presión) de las dos estaciones.

```
figure()
plot(CT10,P10,'LineWidth',2)
hold on
plot(CT12,P12,'LineWidth',2)
legend('CTD10','CTD12','Location','best')
xlabel('Temperatura Conservativa [°C]')
ylabel('Presión [dbar]')
title('Perfiles de temperatura conservativa versus presión')
grid minor
axis tight
axis ij
```



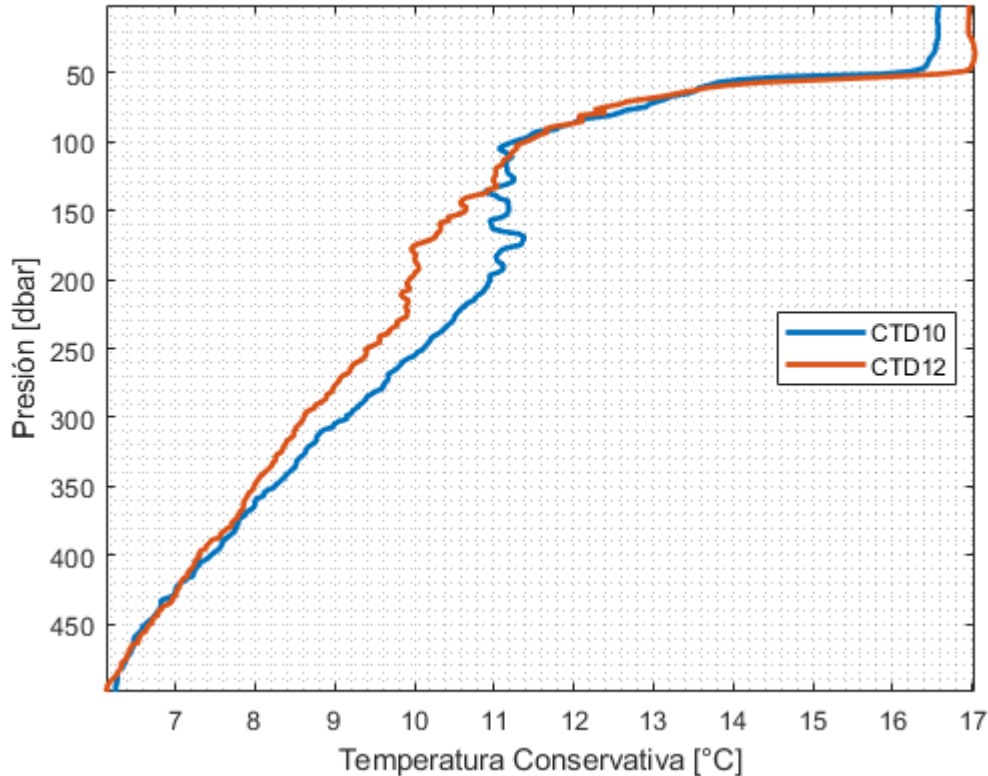
```
figure()
plot(CT10(1:250),P10(1:250),'LineWidth',2)
hold on
```

```

plot(CT12(1:250),P12(1:250),'LineWidth',2)
legend('CTD10','CTD12','Location','best')
xlabel('Temperatura Conservativa [°C]')
ylabel('Presión [dbar]')
title('Perfiles de temperatura conservativa versus presión en los primeros 500 dbar')
grid minor
axis tight
axis ij

```

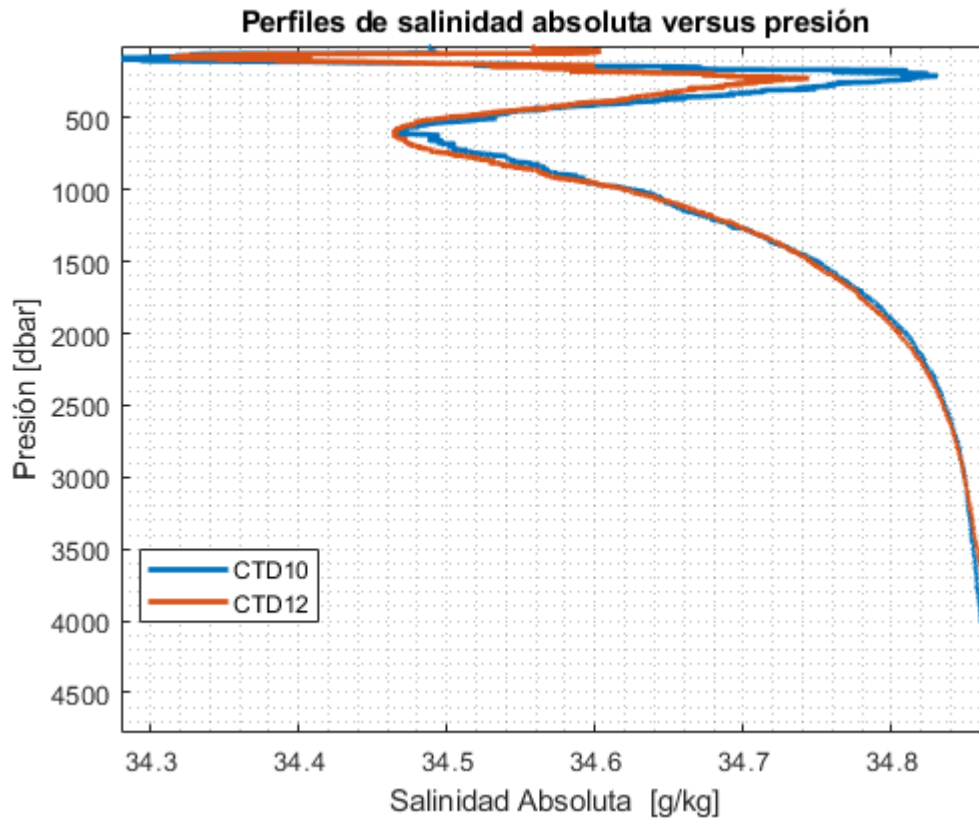
Perfiles de temperatura conservativa versus presión en los primeros 500 dbar



```

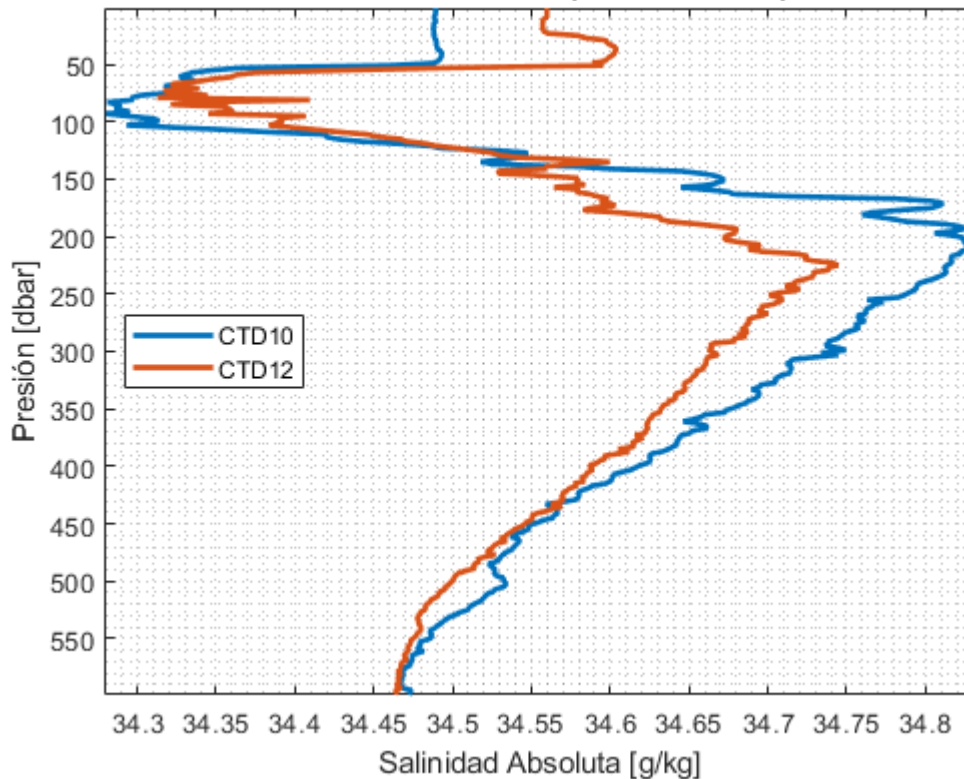
figure()
plot(SA10,P10,'LineWidth',2)
hold on
plot(SA12,P12,'LineWidth',2)
grid minor
axis tight
legend('CTD10','CTD12','Location','best')
xlabel('Salinidad Absoluta [g/kg]')
ylabel('Presión [dbar]')
title('Perfiles de salinidad absoluta versus presión')
axis ij

```



```
figure()
plot(SA10(1:300),P10(1:300),'LineWidth',2)
hold on
plot(SA12(1:300),P12(1:300),'LineWidth',2)
grid minor
axis tight
legend('CTD10','CTD12','Location','best')
xlabel('Salinidad Absoluta [g/kg]')
ylabel('Presión [dbar]')
title('Perfiles de salinidad absoluta versus presión en los primeros 600 dbar')
axis ij
```

Perfiles de salinidad absoluta versus presión en los primeros 600 dbar



Indique si se observa una capa de mezcla, entre que profundidades se encuentra la termoclina y la halocina, comente las diferencias entre sus profundidades, Cual es la variación típica de la temperatura y de la salinidad en la termoclina y en la halocina respectivamente, etc.

La capa de mezcla en el océano es una parte donde el agua está en constante movimiento debido a acción de vientos, olas y otros factores. La capa de mezcla tiende a tener temperaturas más uniformes y una salinidad constante [3].

Como podemos ver en el gráfico de salinidad versus presión en los primeros 600 dbar, se muestra una salinidad constante para ambas estaciones, para la sonda CTD10 hay una salinidad constante hasta casi los 50 dbar de presión, lo que indica que en esa zona se encuentra la capa de mezcla, mientras que para la sonda CTD12 la constancia de salinidad termina mucho antes, aproximadamente en los 30 dbar, por lo tanto, tomando solo estos datos se podría decir que hasta este punto se encontrara la capa de mezcla, sin embargo si vemos el grafico de temperatura conservativa versus presión hasta los 600 dbar ve puede ver una temperatura constante en esta sonda hasta los 50 dbar, característica que también tienen las capas de mezcla. Por lo que podríamos concluir que ambas estaciones tienen una capa de mezcla de profundidades bastante similares.

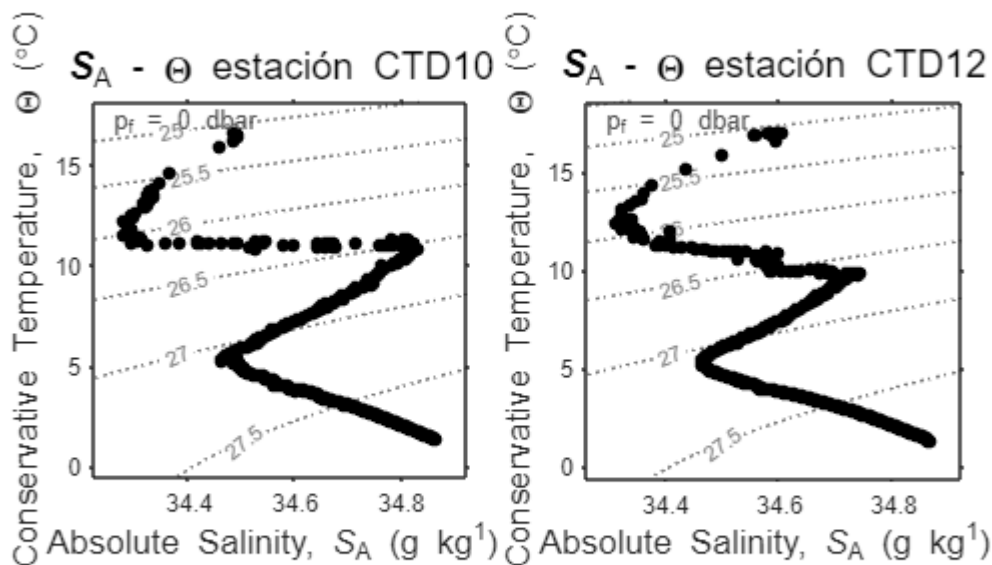
La haloclina es una capa donde se produce un cambio abrupto en la salinidad con respecto a la profundidad [4]. Por lo tanto, observando el ultimo gráfico podemos analizar las variaciones de densidad, de modo que para la sonda CTD10 se tiene una primera haloclina entre los 50 y los 100 [dbar] en que disminuye la densidad y una segunda haloclina entre los 100 y los 200 [dbar] en donde aumenta la densidad. Por otro lado, para la sonda CTD12 se tienen igualmente dos haloclinas, la primera entre los 50 y los 80 [dbar] aproximadamente, donde disminuye la densidad, y la segunda entre los 80 y 230 [dbar] aproximadamente, donde aumenta la densidad. Si comparamos ambas estaciones podemos notar que la sonda CTD10 tiene una variación con

respecto a la profundidad mucho mayor, esto se puede ver en la pendiente de las haloclinas ya que para CTD12 es mucho más alta la pendiente, lo que indica que debe alcanzar mayor profundidad para generar variación. Podemos determinar además que la salinidad varía en promedio para las estaciones 0,5 [g/kg] en una haloclina.

La termoclina es una capa donde se produce un cambio abrupto de temperatura con respecto a la profundidad [5]. Podemos ver en el gráfico de temperatura conservativa a los primeros 500 [dbar] que para ambas sondas se tiene solo una termoclina que se encuentra entre los 50 y 100 [dbar] aproximadamente, esta tiende a variar en 6 [°C] entre el punto de inicio y el final de la termoclina.

3. Use la función `gsw_SA_CT_plot` para graficar la salinidad absoluta versus la temperatura conservativa. Incluya en el gráfico las isopícnas correspondientes para una adecuada visualización.

```
figure()
subplot(1,2,1)
gsw_SA_CT_plot(SA10, CT10,0,(19:0.5:30),'\it{S}\rm_A - {\Theta} estación CTD10')
subplot(1,2,2)
gsw_SA_CT_plot(SA12, CT12,0,(19:0.5:30),'\it{S}\rm_A - {\Theta} estación CTD12')
```



¿Cuál de las estaciones contiene una mayor proporción de Agua Ecuatorial Subsuperficial?

El agua ecuatorial superficial se encuentra cerca de la costa, es de relativamente alta salinidad y bajos valores de oxígeno. En Chile se tiene esta agua con una salinidad mayor a 34,5 [g/kg] y una temperatura entre 9 y 10 [°C] [2].

En este caso la estación CTD10 contiene una mayor proporción de esta agua, lo podemos notar debido a que presenta un punto a los 10°C en que se alcanza una gran cantidad de salinidad, lo que se repite llegando a cero, a diferencia de la estación CTD12 que solo presenta este tipo de aumento una vez.

¿Cuál es la densidad potencial que caracteriza esta masa de agua en la región?

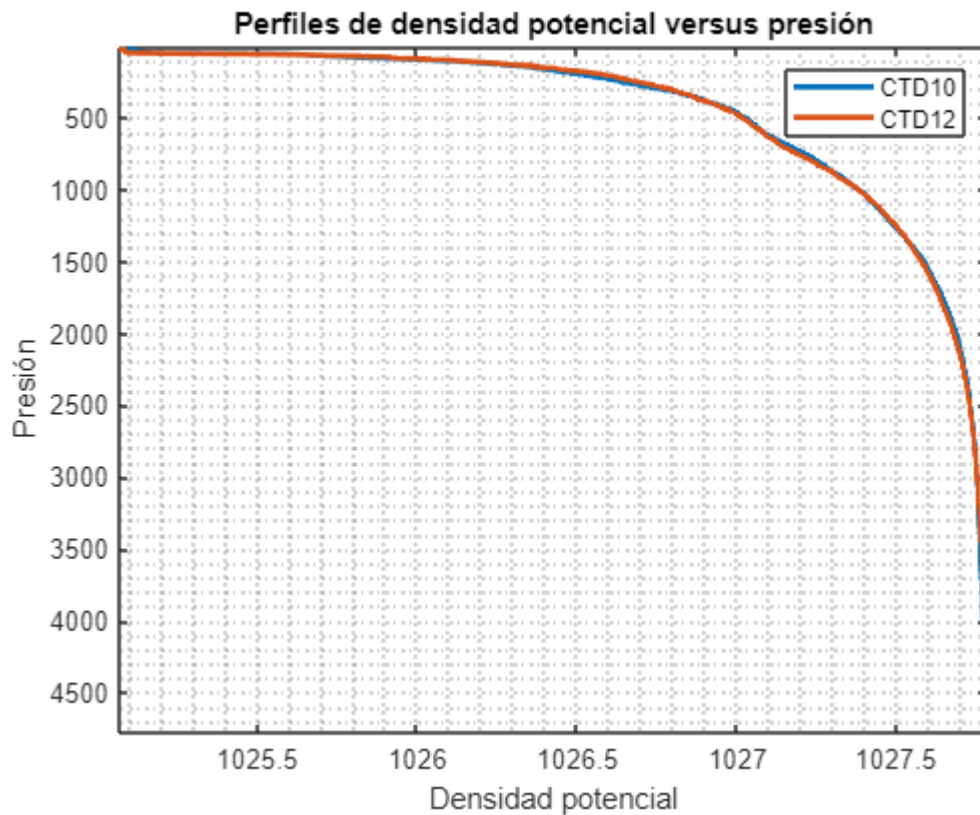
En mi opinion, como este tipo de agua tiene una mayor proporcion de salinidad considero que la densidad potencial debe caracterizarse por ser muy alta, es decir un agua muy densa.

4. Usando la nueva ecuación de estado, calcule la densidad potencial en cada estación usando como presión de referencia la superficie (presión cero).

```
rho_p10 = gsw_pot_rho_t_exact(SA10,T10,P10,0);  
rho_p12 = gsw_pot_rho_t_exact(SA12,T12,P12,0);
```

Grafique los perfiles de densidad potencial versus presión para ambas estaciones

```
figure()  
plot(rho_p10,P10,'LineWidth',2)  
hold on  
plot(rho_p12,P12,'LineWidth',2)  
grid minor  
axis tight  
legend('CTD10','CTD12')  
xlabel('Densidad potencial')  
ylabel('Presión')  
title('Perfiles de densidad potencial versus presión')  
axis ij
```



Integre numéricamente (usando trapz.m) la densidad de cada estación entre la superficie y los 1000 db (note que el intervalo de la presión en los datos es de 2 db)

```
x = [1:2:1001];
x = x';

%Buscamos las posiciones en que se encuentran la presiones hasta 1501
for i = 1:length(x)
    position(i) = find(P10 == x(i));
end

rho_p10 = rho_p10(position);
rho_p12 = rho_p12(position);

a = 1;
for i = 2:length(position)
    a=a+1;
    PA(a) = (P10(i-1)+P10(i))/2;
    rho_p10(a) = (rho_p10(i-1)+rho_p10(i))/2;
    rho_p12(a) = (rho_p12(i-1)+rho_p12(i))/2;
end
PA = PA'; %PA son las presiones de 0 a 1000
rho_p10 = rho_p10';
rho_p12 = rho_p12';
```



```
format long
Q1 = trapz(PA,rho_p10)
```

```
Q1 =
    1.026826693337955e+06
```

```
Q2 = trapz(PA,rho_p12)
```

```
Q2 =
    1.026828963965021e+06
```

¿Dada la diferencia de densidades que existe entre las estaciones en qué estación esperaríamos que la columna de agua fuese más alta para generar los 1000 db?

Dado que la estación CTD10 tiene una menor densidad, la columna de agua en ella generara una menor presión, razón por la que la columna de agua necesaria para que hayan 1000 [dbar] será mayor que la de la estación CTD12.

Considere que la isobara de 1000 db está perfectamente horizontal (es decir que el gradiente de presión horizontal es cero en 1000 db) ¿en qué estación el nivel del mar debería estar más elevado para que la isobara de 1000 db sea completamente horizontal?

Por el mismo argumento anterior, la estación CTD10 debería estar el nivel del mar más elevado.

PARTE B

1. Obtenga la anomalía del volumen específico (δ) en cada estación

```
SV10 = gsw_specvol_anom_standard(SA10,CT10,P10);
SV12 = gsw_specvol_anom_standard(SA12,CT12,P12);
```

2. Construya una tabla similar a la tabla de más abajo, usando los valores de las estaciones oceanográficas dadas

```
rho10 = gsw_rho(SA10,CT10,P10)-1000;
rho12 = gsw_rho(SA12,CT12,P12)-1000;

a = 1;
for i = 2:(length(P12))
    a=a+1;
    %CTD10
    datos10(a,2) = (P10(i-1)+P10(i))/2; %Presion
    datos10(a,5) = (rho10(i-1)+rho10(i))/2;
    datos10(a,6) = (SV10(i-1)+SV10(i))/2; %Volumen especifico
    datos10(a,3) = (T10(i-1)+T10(i))/2; %Temperatura
    datos10(a,4) = (S10(i-1)+S10(i))/2; %Salinidad
    %CTD12
    datos12(a,2) = (P12(i-1)+P12(i))/2; %Presion
    datos12(a,5) = (rho12(i-1)+rho12(i))/2;
    datos12(a,6) = (SV12(i-1)+SV12(i))/2; %Volumen especifico
    datos12(a,3) = (T12(i-1)+T12(i))/2; %Temperatura
    datos12(a,4) = (S12(i-1)+S12(i))/2; %Salinidad
end
```

```

%Para una presion cero, repetimos los valores de la presion uno
%CTD10
datos10(1,5) = rho10(1);
datos10(1,3) = T10(1); %Temperatura
datos10(1,4) = S10(1);
datos10(1,6) = SV10(1); %Volumen especifico

%CTD12
datos12(1,5) = rho12(1);
datos12(1,3) = T12(1); %Temperatura
datos12(1,4) = S12(1);
datos12(1,6) = SV12(1); %Volumen especifico

%Buscamos donde se encuentran las presiones o profundidades estandares
depth = [0:10:30,50,76,100,126,150:50:300,400:100:1500,1750,2000:500:4500];
for i = 1:length(depth)
    d(i) = find(datos10(:,2) == depth(i));%Posiciones a esa profundidad
end

%Convierto mi matriz a una con los datos a profundidades estandar
datos10 = datos10(d,:);
datos12 = datos12(d,:);

%Determinamos el valor de la profundidad de cada dato
datos10(:,1) = -1*gsz_z_from_p(datos10(:,2),lat10);
datos12(:,1) = -1*gsz_z_from_p(datos12(:,2),lat12);

a = 1;
for i = 2:length(datos10(:,1))
    a = a+1;
    %Determinamos el volumen especifico promedio
    datos10(a,7) = (datos10((i-1),6) + datos10(i,6))/2;
    datos12(a,7) = (datos12((i-1),6) + datos12(i,6))/2;
    %Determinamos diferencia de presion, es igual para CTD10 y CTD12
    DP(a) = (datos10(i,2) - datos10((i-1),2))*10000; %Diferencia de presion en Pascales
end

datos10(1,7) = NaN;
datos12(1,7) = NaN;
DP(1) = NaN;
format shortG
for i = 1:length(datos10(:,1))
    %La ultima columna de la tabla es volumen especifico promedio y
    %diferencia de presion
    datos10(i,8) = datos10(i,7)*DP(i);
    datos12(i,8) = datos12(i,7)*DP(i);
end
Tabla10 = table(datos10(:,1),datos10(:,2),datos10(:,3),datos10(:,4),datos10(:,5), ...
    datos10(:,6),datos10(:,7),datos10(:,8), 'VariableNames',["depth [m]", ...

```

```
"presion [dbar]", "Temperatura [°C]", "Salinidad", "Densidad [kg m^-3]", ...
"Delta [m^3/kg]", "Delta prom [m^3/kg]", "Multiplicacion [m^2/s^2]");
```

```
Tabla12 = table(datos12(:,1),datos12(:,2),datos12(:,3),datos12(:,4),datos12(:,5), ...
    datos12(:,6),datos12(:,7),datos12(:,8), 'VariableNames', ["depth [m]", ...
    "presion [dbar]", "Temperatura [°C]", "Salinidad", "Densidad [kg m^-3]", ...
    "Delta [m^3/kg]", "Delta prom [m^3/kg]", "Multiplicacion [m^2/s^2]"]);
```

```
writetable(Tabla10, 'tabla10.xlsx');
writetable(Tabla12, 'tabla12.xlsx');
```

Estas tablas se pueden hallar en el Anexo.

3. Integre numéricamente las anomalías del volumen específico entre los distintos pares de isóbaras entre 1500 db y cada nivel de presión hasta la superficie para obtener la anomalía geopotencial.

$$\Delta\phi = \int_{p_1}^{p_2} \delta dp$$

```
%Para este item opté por hacer la sumatoria de la tabla
```

```
AGP10 = datos10(2:24,8); %AGP: Anomalia geopotencial
AGP12 = datos12(2:24,8);
```

```
AGP10 = flipud(AGP10);
AGP12 = flipud(AGP12);
```

```
AGP10 = cumsum(AGP10);
AGP12 = cumsum(AGP12);
```

```
AGP10 = flipud(AGP10);
AGP12 = flipud(AGP12);
```

```
AGP10(24) = 0;
AGP12(24) = 0;
```

Los valores de $\Delta\phi$ para la superficie del mar (obtenidas integrando desde alguna presión usualmente mayor que 1000 db hasta la superficie) se conoce como topografía dinámica. Indique en cuál de las dos estaciones la altura dinámica (respecto de 1500 db) es mayor. Dada esta diferencia de alturas (y suponiendo que la isobara a 1500 db es horizontal), ¿en qué dirección debería ser la velocidad geostrófica superficial (hacia el norte o hacia el sur)?

Para responder debemos notar que la altura dinámica respecto a los 1500 [dbar] viene siendo la integral entre $p = 0$ [dbar] y $p = 1500$ [dbar], la que está dada por el primer valor de anomalía geopotencial en cada estación, esto es:

```
[AGP10(1), AGP12(1)]
```

```
ans = 1x2
    16.187    16.139
```

De modo que la altura dinámica mayor es en la estación CTD10. Sabemos por las coordenadas de latitud y longitud que la estación CTD12 está al oeste de la estación CTD10, de modo que, si la altura dinámica es mayor aquí, habrá un gradiente de presión en dirección oeste, es decir hacia la estación CTD12, por lo tanto, conociendo la ecuación de balance geostrófico y considerando que las estaciones se encuentran en el hemisferio sur, sabemos que la velocidad geostrófica será en dirección sur.

4. Dadas las posiciones geográficas calcule la distancia entre las estaciones. Indique y explique el método que utilizó para calcular distancia entre dos puntos sobre la Tierra. Note que el paquete The Gibbs SeaWater (GSW) Oceanographic Toolbox tiene una opción.

Se puede proceder utilizando el teorema de Pitágoras, imaginando que la distancia entre ambas estaciones será la hipotenusa de un triángulo rectángulo, podemos determinar los catetos de este triángulo que serán los llamados 'LONG' y 'LAT', estos se obtienen al restar la latitud y longitud de cada estación respectivamente, sin embargo la resta simple nos dará un valor en grados por lo que se deben convertir a metros a partir de los datos obtenidos de [6], utilizando una latitud de aproximadamente -32,5. Con esto tenemos la distancia de cada latitud y longitud en metros, restaría solamente elevar estos datos al cuadrado para finalizar utilizando el teorema de Pitágoras.

```
LONG = ((lon10 - lon12)*93977).^2; %[metros]
LAT = ((lat10 - lat12)*110896).^2; %[metros]
dis = sqrt((LONG) + (LAT));

%Confirmando el valor utilizando la función de GSW
long = [lon10 lon12];
lat = [lat10 lat10];

distance = gsw_distance(long,lat);

[dis, distance]
```

```
ans = 1x2
      45587      45473
```

Notamos que ambos valores se aproximan bastante, sin embargo, para futuros cálculos utilizaremos la determinada por la función GSW.

5. Obtenga la variación de la velocidad geostrófica entre dos niveles de presión p1 y p2 mediante la

relación
$$V_1 - V_2 = \frac{1}{L_f} [\Delta\phi_B - \Delta\phi_A]$$

```
%Parametros necesarios
latprom = ((lat12)+(lat10))/2;
rad = (latprom*pi)/180; %Angulo de latitud a radián
omega = 7.292*(10^(-5)); % [s^-1]
f = 2*omega*sin(rad); %parametro de coriolis
L = distance;

%Determinamos primeramente la variacion de velocidad geostrofica
```

```

for i = 1:(length(AGP12))
    dV(i,1) = (1/(L*f))*(AGP10(i) - AGP12(i));
end
dV = flipud(dV);

```

Suponiendo que la velocidad en 1500 db es cero, obtenga la velocidad V en los distintos niveles e incluya estos valores en una Tabla

```

V(1) = 0; %Sabemos que en 1500 dbar la velocidad es cero
for i = 2:(length(dV))
    V(i,1) = dV(i) + V(i-1);
end
T= table(datos10(1:24,2),AGP10,AGP12,flipud(V(1:end)),'VariableNames', ...
    ["Presion [dbar] ","Anomalia B [m^2/s^2]","Anomalia A [m^2/s^2]", ...
    "Velocidad [m/s]"]);
writetable(T, 't.xlsx');

```

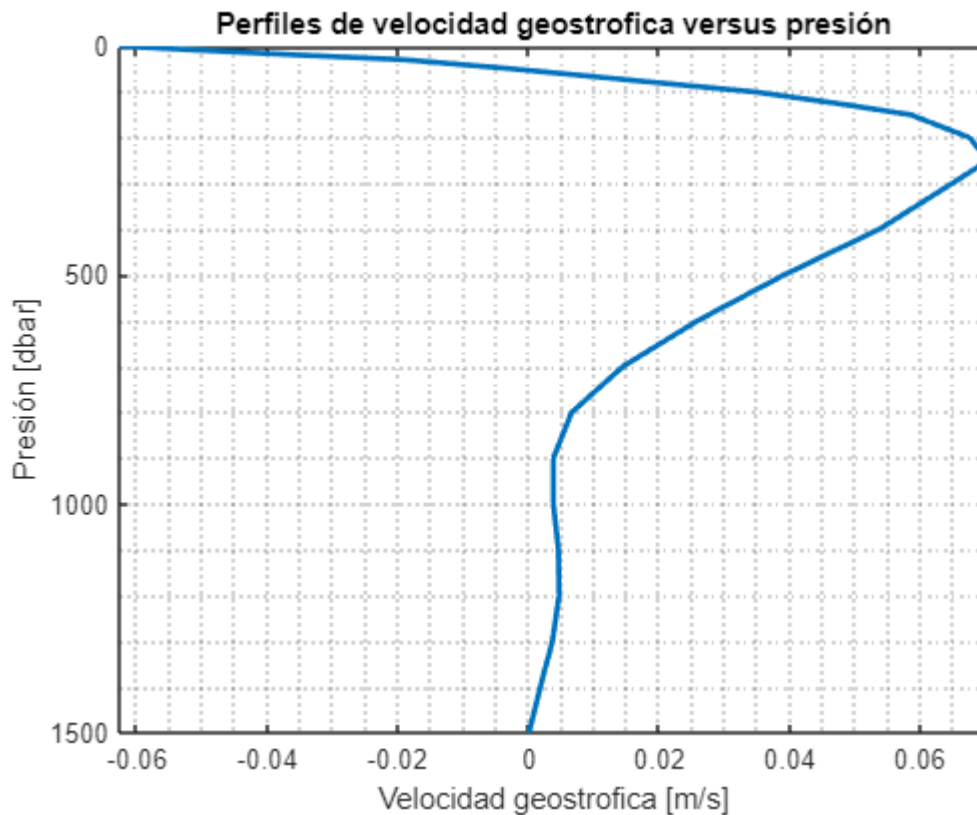
Esta tabla se puede hallar en el Anexo.

6. Grafique la velocidad geostrófica entre las estaciones A y B versus presión. INTERPRETE Y COMENTE EL GRÁFICO.

```

figure()
plot(flipud(V(1:end)),datos10(1:24,2),'LineWidth',2)
grid minor
axis tight
xlabel('Velocidad geostrofica [m/s]')
ylabel('Presión [dbar]')
title('Perfiles de velocidad geostrofica versus presión')
axis ij

```



Se puede notar en el gráfico que la velocidad aumenta rápidamente con la profundidad, esto debido a que al encontrarnos en una condición baroclínica es sabido que la velocidad geostrofica debe aumentar, sin embargo se puede ver que luego de los 250 [dbar] aproximadamente la velocidad se hace menor, si bien en condiciones normales la velocidad debería seguir aumentando con el aumento de presión, sabemos por lo analizado anteriormente que la salinidad del agua tiende a disminuir en ciertos puntos, lo que afecta directamente a la densidad, lo que hace que al disminuir esta, también lo haga la velocidad. Además, vemos que en los primeros 50 [dbar] la velocidad es negativa, es decir, el flujo o parcela de agua se está moviendo en una dirección Oeste, a diferencia de los datos desde este punto hasta los 1500 [dbar] que son positivos y por ende se está moviendo en dirección este.

Anexo

Tabla de datos sonda CTD10

depth [m]	P [dbar]	T [°C]	S	σ_t [kg/m^3]	δ [m^3/kg]	$\bar{\delta}$ [m^3/kg]	$\bar{\delta}x\Delta p$ [m^2/s^2]
0,00	0	16,57	34,33	25,11	2,85E-06	NaN	NaN
9,93	10	16,56	34,33	25,15	2,85E-06	2,85E-06	0,29
19,86	20	16,56	34,33	25,19	2,86E-06	2,85E-06	0,29
29,79	30	16,54	34,33	25,24	2,85E-06	2,85E-06	0,29
49,64	50	16,06	34,31	25,43	2,76E-06	2,81E-06	0,56
75,45	75	12,79	34,15	26,12	2,23E-06	2,50E-06	0,65
99,28	100	11,25	34,15	26,52	1,95E-06	2,09E-06	0,50
125,08	125	11,25	34,37	26,81	1,79E-06	1,87E-06	0,49
148,89	150	11,20	34,51	27,03	1,69E-06	1,74E-06	0,42
198,50	200	10,98	34,66	27,42	1,55E-06	1,62E-06	0,81
248,10	250	10,15	34,62	27,76	1,45E-06	1,50E-06	0,75
297,68	300	9,19	34,58	28,12	1,33E-06	1,39E-06	0,70
396,81	400	7,49	34,45	28,75	1,19E-06	1,26E-06	1,26
495,90	500	6,29	34,37	29,31	1,10E-06	1,14E-06	1,14
594,93	600	5,42	34,31	29,84	1,04E-06	1,07E-06	1,07
693,92	700	4,92	34,34	30,38	9,69E-07	1,01E-06	1,01
792,86	800	4,49	34,38	30,93	8,93E-07	9,31E-07	0,93
891,76	900	4,13	34,42	31,46	8,32E-07	8,63E-07	0,86
990,61	1000	3,86	34,46	31,99	7,76E-07	8,04E-07	0,80
1089,41	1100	3,57	34,48	32,50	7,31E-07	7,54E-07	0,75
1188,16	1200	3,36	34,51	33,01	6,93E-07	7,12E-07	0,71
1286,87	1300	3,17	34,54	33,51	6,56E-07	6,74E-07	0,67
1385,53	1400	2,96	34,56	34,01	6,20E-07	6,38E-07	0,64
1484,15	1500	2,76	34,58	34,50	5,87E-07	6,03E-07	0,60
1730,48	1750	2,42	34,61	35,71	5,33E-07	5,60E-07	1,40
1976,54	2000	2,16	34,64	36,89	4,92E-07	5,12E-07	1,28
2467,79	2500	1,91	34,66	39,19	4,56E-07	4,74E-07	2,37
2957,93	3000	1,81	34,68	41,44	4,44E-07	4,50E-07	2,25
3446,97	3500	1,80	34,68	43,64	4,46E-07	4,45E-07	2,23
3934,93	4000	1,77	34,69	45,83	4,44E-07	4,45E-07	2,22
4421,83	4500	1,77	34,69	47,99	4,45E-07	4,45E-07	2,22

Tabla de datos sonda CTD12

depth [m]	P [dbar]	T [°C]	S	σ_t [kg/m ³]	δ [m ³ /kg]	$\bar{\delta}$ [m ³ /kg]	$\bar{\delta}x\Delta p$ [m ² /s ²]
0,00	0	16,95	34,40	25,07	2,88E-06	NaN	NaN
9,93	10	16,95	34,40	25,11	2,89E-06	2,89E-06	0,29
19,86	20	16,95	34,40	25,15	2,89E-06	2,89E-06	0,29
29,79	30	17,02	34,43	25,21	2,88E-06	2,89E-06	0,29
49,64	50	16,75	34,43	25,36	2,83E-06	2,86E-06	0,57
75,45	75	12,32	34,17	26,23	2,12E-06	2,48E-06	0,64
99,28	100	11,40	34,23	26,56	1,92E-06	2,02E-06	0,49
125,08	125	11,01	34,36	26,84	1,76E-06	1,84E-06	0,48
148,89	150	10,66	34,42	27,06	1,66E-06	1,71E-06	0,41
198,50	200	9,96	34,51	27,48	1,49E-06	1,58E-06	0,79
248,10	250	9,44	34,54	27,82	1,39E-06	1,44E-06	0,72
297,68	300	8,65	34,50	28,15	1,31E-06	1,35E-06	0,67
396,81	400	7,34	34,42	28,75	1,19E-06	1,25E-06	1,25
495,90	500	6,17	34,34	29,30	1,11E-06	1,15E-06	1,15
594,93	600	5,42	34,30	29,83	1,05E-06	1,08E-06	1,08
693,92	700	4,96	34,32	30,36	9,90E-07	1,02E-06	1,02
792,86	800	4,51	34,36	30,92	9,08E-07	9,49E-07	0,95
891,76	900	4,08	34,40	31,46	8,37E-07	8,73E-07	0,87
990,61	1000	3,83	34,45	31,99	7,77E-07	8,07E-07	0,81
1089,41	1100	3,56	34,49	32,51	7,26E-07	7,51E-07	0,75
1188,16	1200	3,35	34,51	33,01	6,90E-07	7,08E-07	0,71
1286,87	1300	3,15	34,54	33,51	6,53E-07	6,71E-07	0,67
1385,53	1400	2,99	34,56	34,00	6,24E-07	6,38E-07	0,64
1484,15	1500	2,81	34,57	34,49	5,96E-07	6,10E-07	0,61
1730,48	1750	2,48	34,61	35,70	5,44E-07	5,70E-07	1,42
1976,53	2000	2,21	34,63	36,88	5,02E-07	5,23E-07	1,31
2467,79	2500	1,92	34,66	39,19	4,58E-07	4,80E-07	2,40
2957,93	3000	1,81	34,68	41,44	4,44E-07	4,51E-07	2,26
3446,97	3500	1,74	34,69	43,66	4,35E-07	4,40E-07	2,20
3934,93	4000	1,69	34,69	45,85	4,29E-07	4,32E-07	2,16
4421,82	4500	1,70	34,69	48,00	4,33E-07	4,31E-07	2,16

Tabla de datos anomalías geopotenciales y velocidad geostrófica

Tomando $\Delta\phi_B$ como la anomalía geopotencial de la sonda CTD10 y $\Delta\phi_A$ de la sonda CTD12

Presión [dbar]	$\Delta\Phi_B [m^2/s^2]$	$\Delta\Phi_A [m^2/s^2]$	Velocidad [m/s]
0	16,1870	16,1385	-0,0628
10	15,9020	15,8499	-0,0491
20	15,6166	15,5609	-0,0345
30	15,3312	15,2723	-0,0189
50	14,7695	14,7013	-0,0024
75	14,1207	14,0576	0,0168
100	13,6192	13,5725	0,0345
125	13,1322	13,0935	0,0476
150	12,7143	12,6821	0,0585
200	11,9034	11,8935	0,0675
250	11,1535	11,1730	0,0703
300	10,4584	10,4981	0,0648
400	9,1984	9,2505	0,0537
500	8,0563	8,1034	0,0390
600	6,9852	7,0259	0,0258
700	5,9786	6,0065	0,0144
800	5,0473	5,0573	0,0065
900	4,1848	4,1848	0,0037
1000	3,3807	3,3779	0,0037
1100	2,6272	2,6268	0,0045
1200	1,9156	1,9192	0,0046
1300	1,2414	1,2480	0,0036
1400	0,6035	0,6097	0,0017
1500	0,0000	0,0000	0,0000

Referencias

- [1] McDougall T. J. and P. M. Barker, 2011: Getting started with TEOS---10 and the Gibbs Seawater (GSW) Oceanographic Toolbox, 28pp., SCOR/IAP-SO WG127, ISBN 978---0---646---55621---5.
- [2] Toro, M. (2018). Masa de aguas y flujos geostróficos frente a Chile centro-sur: un estudio basado en planeadores submarinos (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- [3] Capa de mezcla. (2023, marzo 23). En Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Capa_de_mezcla
- [4] Haloclina. (2021, agosto 17). En Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Haloclina>
- [5] Termoclina. (2022, agosto 13). En Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Termoclina>
- [6] National Geospatial-Intelligence Agency. (2010, octubre 21). Length of a Degree of Latitud and Longitud. "https://web.archive.org/web/20101021034158/http://www.nga.mil/MSISiteContent/StaticFiles/Calculators/degree.html"