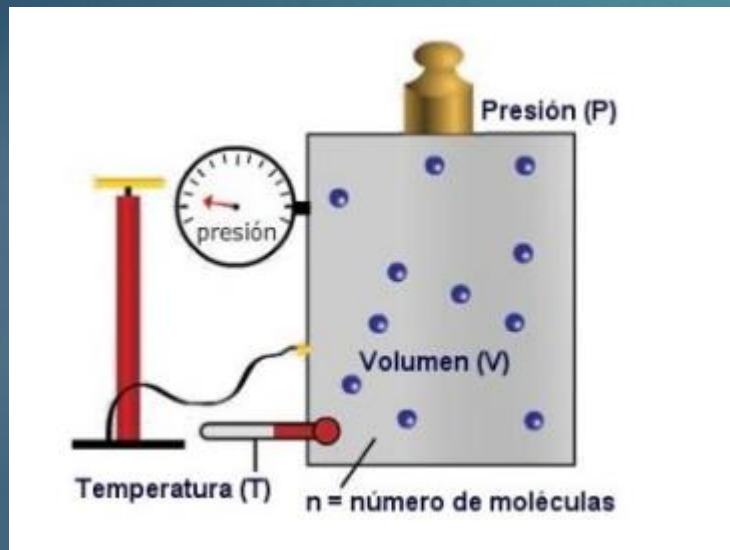


LEY GENERAL DE LOS GASES



CLASE 5



OBJETIVOS

Los objetivos de esta clase son:

- Describir las características de la Ley general de los gases.
- Mencionar como se comportan los gases al ser sometidos a cambios de presión en el buceo, temperatura y volumen.
- Establecer las bases para los análisis y cálculos de problemas de planteo, aplicando las leyes ya conocidas como un todo.

ÍNDICE

- 1.- DEFINICIÓN DE LA LEY GENERAL
 - 1.1.- ECUACIÓN DE LA LEY GENERAL DE LOS GASES
 - 1.2.- REGLAS PARA EL USO DE LA LEY GENERAL
 - 1.3.- COMO DESPEJAR LA ECUACIÓN
- 2.- APLICACIÓN EN EL BUCEO
 - 2.1- FORMULAS DE CONVERSIÓN DE TEMPERATURA
 - 2.2.- UNIDADES DE MEDIDA UTILIZADAS
 - 2.3.- EJEMPLOS DE APLICACIÓN
- 3.- EJEMPLO DE UN CALCULO DE LEY GENERAL
- 4.- EJERCICIOS

1.- DEFINICIÓN DE LA LEY GENERAL

- ▶ La Ley surge como resultado de mezclar las leyes de Boyle-Mariotte y de Charles-Gay Lussac. Estas leyes describen a cada una de las variables con respecto a otras, mientras que una mantiene constante.
- ▶ La ley de Boyle fórmula que el volumen y la presión, se encuentran inversamente proporcional entre ellos, al estar en una temperatura constante.
- ▶ La ley de Charles, por su parte, afirman que el volumen y la temperatura serán proporcionales entre sí, siempre que la presión se conserve constante. Y por último, enuncia que puede existir una directa proporcionalidad entre la presión y la temperatura, siempre que el volumen se conserve constante.
- ▶ Lo anterior demuestra que ambas leyes pueden mezclarse en un postulado, que indique a su vez, la dependencia existente entre el volumen de una masa específica de gas, con relación a la temperatura y la presión.

1.1.- ECUACIÓN DE LA LEY GENERAL DE LOS GASES

- ▶ La fórmula para expresar la ley general de los gases es:

Donde:

- ✓ P1 = presión inicial (absoluta)
- ✓ V1 = volumen inicial
- ✓ T1 = temperatura inicial (absoluta)
- ✓ P2 = presión final (absoluta)
- ✓ V2 = volumen final
- ✓ T2 = temperatura final (absoluta)

$$\frac{P1 \times V1}{T1} = \frac{P2 \times V2}{T2}$$

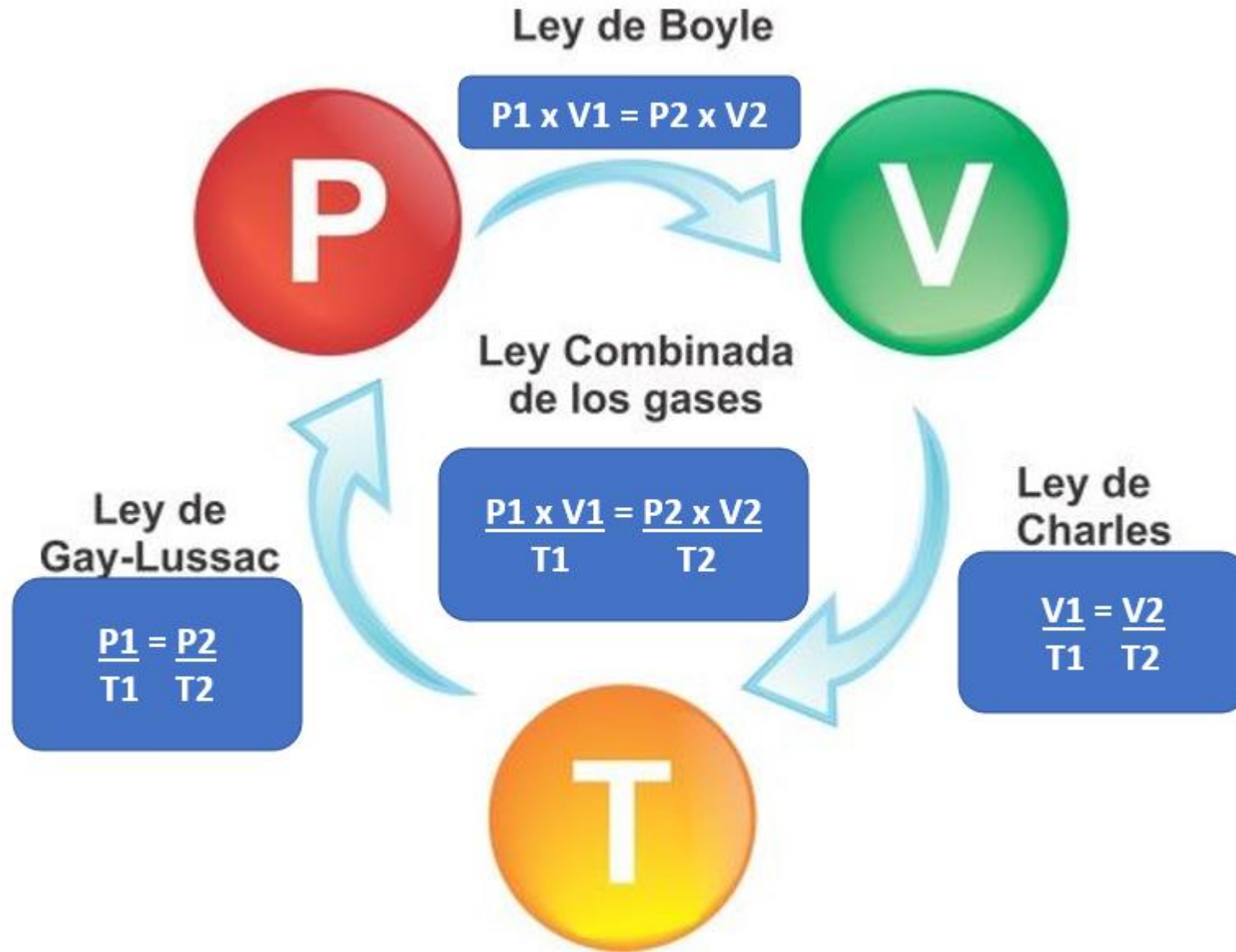
Como observación, debemos mencionar que si se modifica alguna variable, las otras aumentarán o disminuirán, dependiendo de la variable modificada en relación inversamente o directamente proporcional.

1.2.- REGLAS PARA EL USO DE LA LEY GENERAL

▶ Cuando se esté trabajando con la ley general de los gases se deben tener en mente dos reglas

simples:

- ✓ Solamente puede haber un valor desconocido.
- ✓ Puede simplificarse la ecuación si se sabe que un valor permanece sin cambio (tal como el volumen de un cilindro de aire) o que el cambio en una de las variables es de poca consecuencia. En cualquier caso, cancele el valor en ambos lados de la ecuación para simplificar los cálculos.



1.3.- COMO DESPEJAR LA ECUACIÓN

$$P1 = \frac{P2 \times V2 \times T1}{T2 \times V1}$$

$$V1 = \frac{P2 \times V2 \times T1}{T2 \times P1}$$

$$T1 = \frac{P1 \times V1 \times T2}{P2 \times V2}$$

$$\frac{P1 \times V1}{T1} = \frac{P2 \times V2}{T2}$$

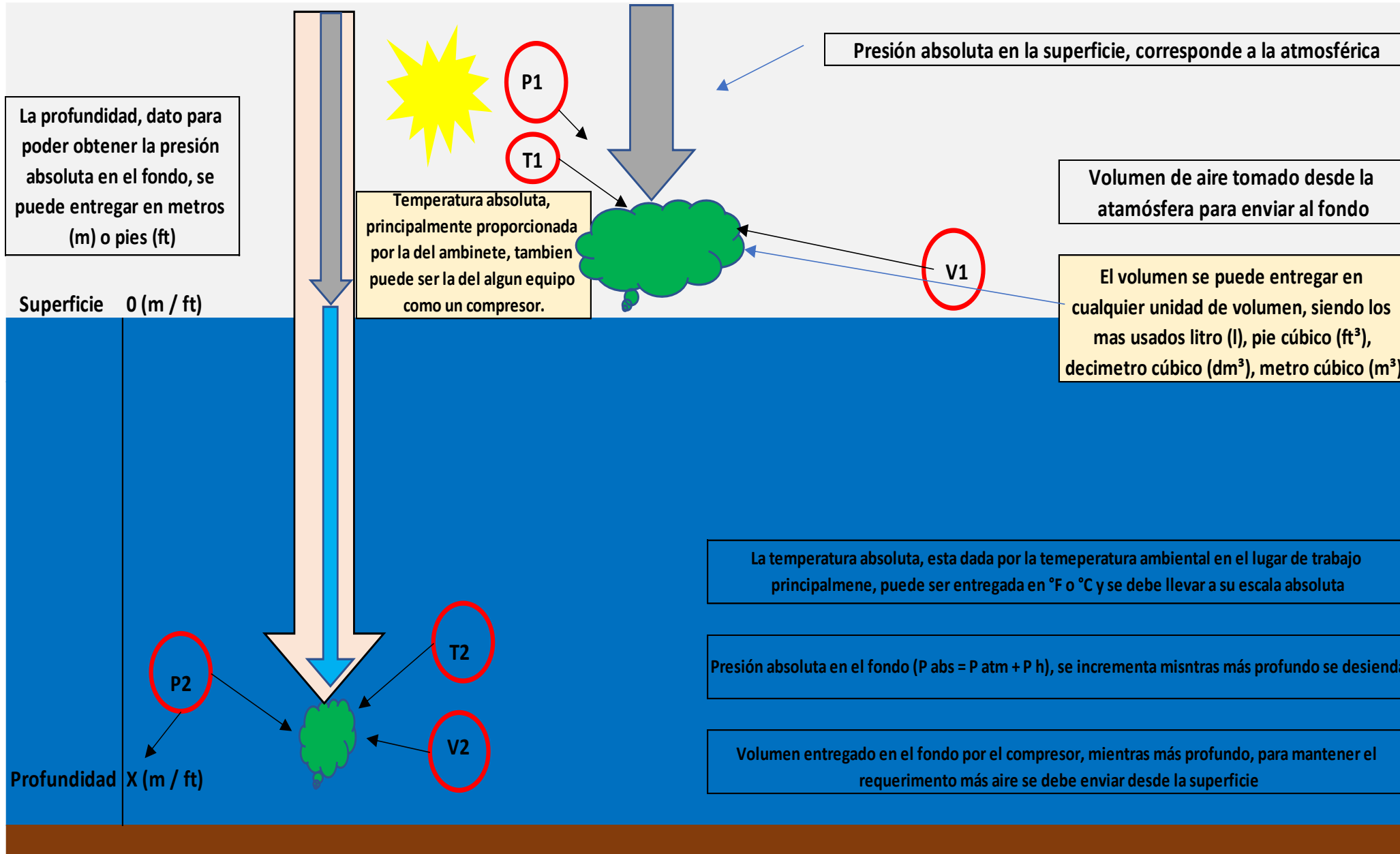
$$P2 = \frac{P1 \times V1 \times T2}{T1 \times V2}$$

$$V2 = \frac{P1 \times V1 \times T2}{T1 \times P2}$$

$$T2 = \frac{P2 \times V2 \times T1}{P1 \times V1}$$

2.- APLICACIÓN EN EL BUCEO

- ▶ En las operaciones de buceo, se aplica directamente esta ley, dado que en superficie los equipos y aparatos se encuentran a una presión, temperatura y volumen determinado y al descender a alguna profundidad estas variables se ven cambiadas.
- ▶ Al descender a mayor profundidad tenemos mayor presión y a su vez disminuye la temperatura, por lo tanto los gases sufren por el cambio de ambas variables.
- ▶ Esto que, como sabemos, que en forma inversamente proporcional el gas disminuye su volumen por el aumento de presión absoluta y de igual manera la temperatura absoluta disminuye y eso también implica una disminución directa del volumen.
- ▶ Para comprender de mejor manera graficaremos.



2.1- FORMULAS DE CONVERSIÓN DE TEMPERATURA

CASO	FORMULA
De Celsius a Fahrenheit	$^{\circ}\text{C a } ^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32$
De Fahrenheit a Celsius	$^{\circ}\text{F a } ^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 0,55$
De Celsius a Kelvin	$^{\circ}\text{C a K} = ^{\circ}\text{C} + 273$
De Kelvin a Celsius	$\text{K a } ^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$
De Fahrenheit a Ranquin	$^{\circ}\text{F a R} = ^{\circ}\text{F} + 460$
De Ranquin a Fahrenheit	$\text{R a } ^{\circ}\text{F} = \text{R} - 460$
De Celsius a Ranquin	$^{\circ}\text{C a R} = ((^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32) + 460$
De Fahrenheit a Kelvin	$^{\circ}\text{F a K} = ((^{\circ}\text{F} - 32) \times 0,55) + 273$

2.2.- UNIDADES DE MEDIDA UTILIZADAS

MAGNITUDES	UNIDADES	MAGNITUD	UNIDADES
❖ Presión	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Atmósfera (atm) ✓ Bar (bar) ✓ PSI (lb/in²) ✓ Kilogramo fuerza (Kg/cm²) ✓ Milímetro de mercurio (mmhg) 	❖ Volumen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Litro (l) ➤ Metro cúbico (m³) ➤ Decímetro cúbico (dm³) ➤ Pie cúbico (ft³)
❖ Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Kelvin (K) ✓ Rankin (R) 		

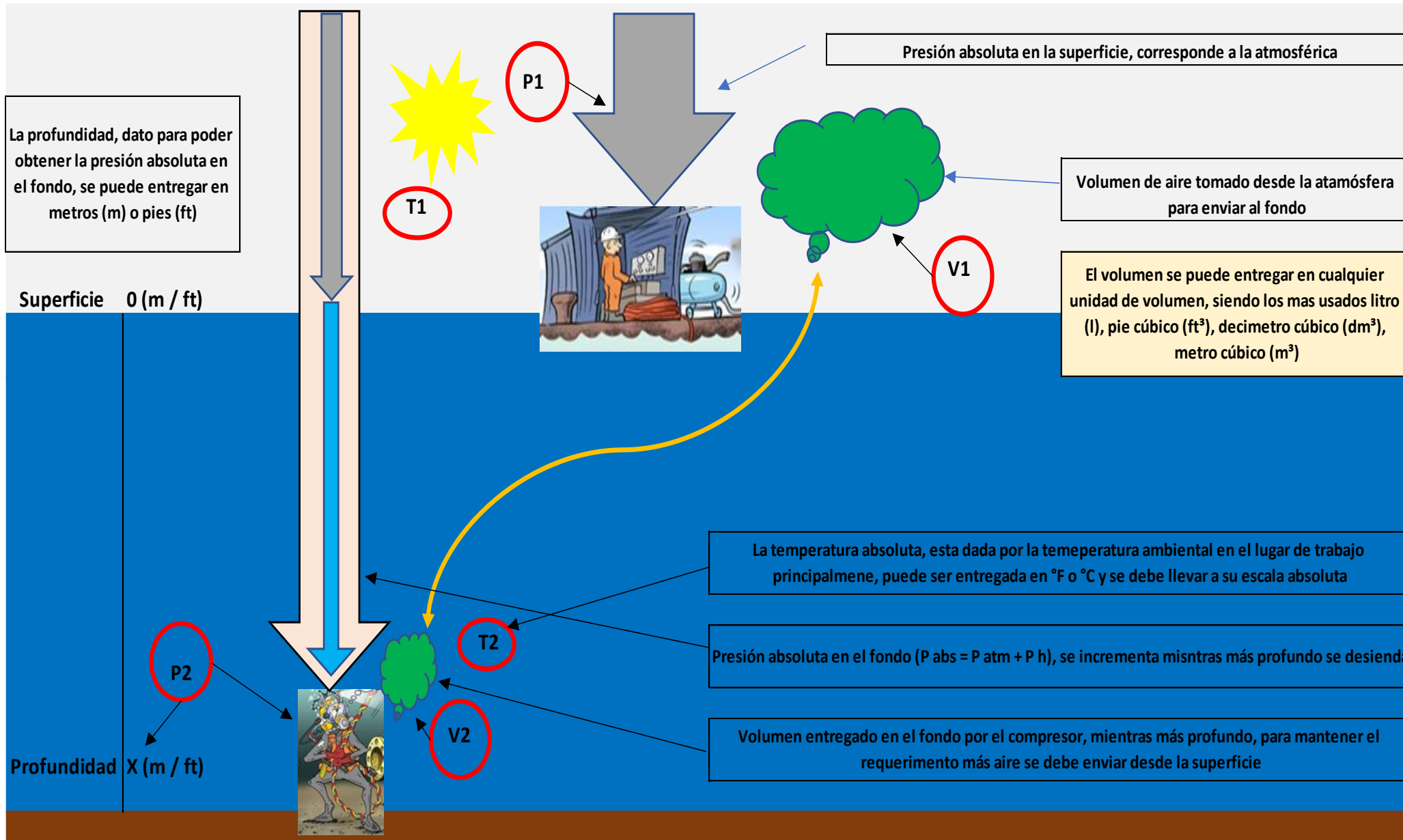
Nota: En el caso de tener que efectuar transformación de unidades o cálculos de volumen, se debe aplicar lo aprendido en las clases anteriores.

2.3.- EJEMPLOS DE APLICACIÓN

1.- Cuando un compresor descarga gas, tenemos una presión de salida, un volumen de salida y una temperatura de salida, al llegar al fondo o al lugar de trabajo, tendremos una presión absoluta mayor, una temperatura absoluta menor y por ende un volumen con variación que será menor al proporcionado en superficie.

Esto aplica a compresores que proveen aire a buzos o compresores de alto flujo para llenado de bodegas, pontones, globos de levante u otro requerimiento neumático.

2.- Una botella de buceo que se encuentre a una temperatura ambiente y descienda a profundidad, cuando se use, su volumen final, también se vera afectado por las variables mencionadas.



3.- EJEMPLO DE UN CALCULO DE LEY GENERAL

- ▶ Una masa de gas posee un volumen de 1.000 litros y se encuentra a presión atmosférica, consideremos que la temperatura del ambiente es de 33 °C, y la masa de gas es llevada a una profundidad de 20 metros donde la temperatura del agua, alcanza los 16 °C, indique cual será el volumen de la masa de gas en el punto indicado.

1.- Expresemos los datos:

P1, Presión inicial	= 1 ata
P2, Presión final	= (20 m / 10 m) + 1 ata = 3 ata
T1, temperatura de inicio	= 33 °C + 273 = 306 K
T2, temperatura de termino	= 16 °C + 273 = 289 K
V1, volumen de inicio	= 1.000 l
V2, volumen de termino	= X

Con estos antecedentes, podemos expresar la ecuación de la ley General de los gases:

$$\underline{P1 \times V1} = \underline{P2 \times V2}$$

$$T1 \quad T2$$

2.- Busquemos la incógnita:

$$P1 \times V1 = P2 \times \underline{V2}$$

$$T1 \quad T2$$

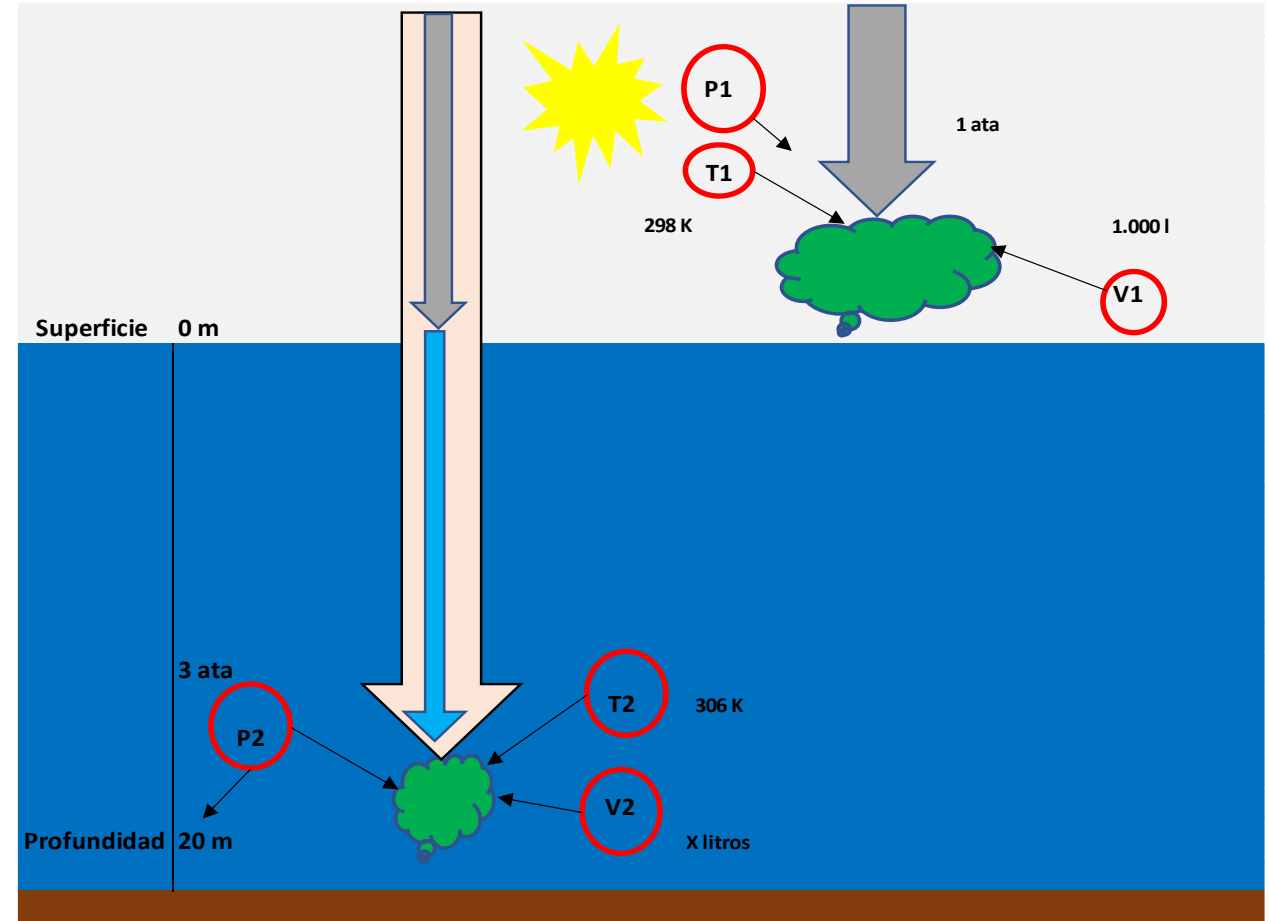
3.- Despejemos la ecuación:

$$V2 = \frac{P1 \times V1 \times T2}{T1 \times P2}$$

4.- Reemplacemos los datos y desarrollemos:

$$V2 = \frac{(1 \text{ ata} \times 1.000 \text{ l} \times 289 \text{ K})}{(306 \text{ K} \times 3 \text{ ata})}$$

$$V2 = 314,81 \text{ l}$$



Esto nos indica que el volumen de la masa de gas en la profundidad es de 314,81 litros.

Nota: Si desarrollamos la ley de Boyle el resultado es de 333,33 litros, por lo tanto la variable de temperatura incremento la perdida en 18,5 litros más.

4.- EJERCICIOS

1.- Un compresor de alto flujo, entrega en superficie a presión atmosférica un caudal de 580 litros por minuto, a una temperatura de descarga de 45 °C, se utilizara a una profundidad de 50 metros, donde la temperatura del agua alcanza los 17 °C, indique le flujo en la profundidad señalada.

1.- Expresemos los datos:

P1, Presión inicial = 1 ata

P2, Presión final = (50 m / 10 m) + 1 ata = 6 ata

T1, temperatura de inicio = 45 °C + 273 = 318 K

T2, temperatura de termino = 17 °C + 273 = 290 K

V1, volumen de inicio = 580 l/:

V2, volumen de termino = X

Con estos antecedentes, podemos expresar la ecuación de la ley General de los gases:

$$\underline{P1 \times V1} = \underline{P2 \times V2}$$

$$\frac{T1}{T2}$$

2.- Busquemos la incógnita:

$$\underline{P1 \times V1} = \underline{P2 \times V2}$$

$$\frac{T1}{T2}$$

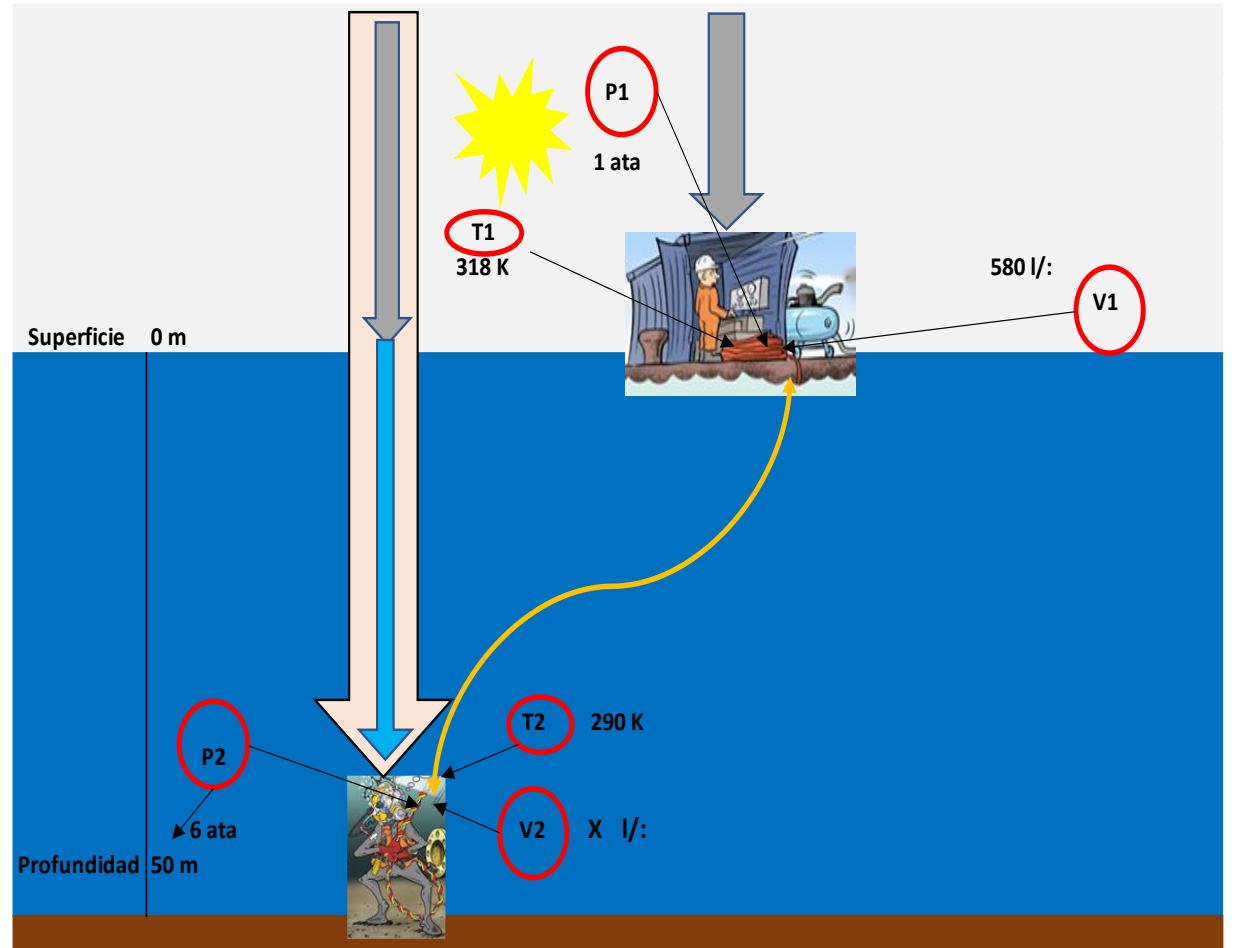
3.- Despejemos la ecuación:

$$V2 = \frac{P1 \times V1 \times T2}{T1 \times P2}$$

4.- Reemplacemos los datos y desarrollemos:

$$V2 = \frac{(1 \text{ ata} \times 580 \text{ l/} \times 290 \text{ K})}{(318 \text{ K} \times 6 \text{ ata})}$$

$$V2 = 88,15 \text{ l/}$$



Esto nos indica que el flujo volumétrico entregado en la profundidad de trabajos es de 88,15 l/:

2.- Una botella de buceo es cargada a una presión de 3000 psig, en el proceso de carga, alcanza los 38 °C su volumen es de 12 litros, se usa a 66 pies de profundidad, donde la temperatura del agua alcanza los 15 °C, indique cual será el volumen de aire en la profundidad de trabajo.

1.- Expresemos los datos:

$$P1, \text{ Presión inicial} = 3.000 \text{ psig} + 14,7 \text{ psi} = 3014,7 \text{ psi}$$

(llevamos a ata, sabiendo que 1 ata = 14,7 psi)

$$\frac{3014,7 \text{ psi}}{14,7 \text{ psi}} = 205,08 \text{ ata}$$

$$14,7 \text{ psi}$$

$$P2, \text{ Presión final} = 66 \text{ ft} / 33 \text{ ft} + 1 \text{ ata} = 3 \text{ ata}$$

$$T1, \text{ temperatura de inicio} = 38 \text{ °C} + 273 = 311 \text{ K}$$

$$T2, \text{ temperatura de termino} = 15 \text{ °C} + 273 = 288 \text{ K}$$

$$V1, \text{ volumen de inicio} = 12 \text{ l}$$

$$V2, \text{ volumen de termino} = X$$

Con estos antecedentes, podemos expresar la ecuación de la ley General de los gases:

$$\underline{P1 \times V1} = \underline{P2 \times V2}$$

$$\frac{T1}{T2}$$

2.- Busquemos la incógnita:

$$\underline{P1 \times V1} = \underline{P2 \times V2}$$

$$\frac{T1}{T2}$$

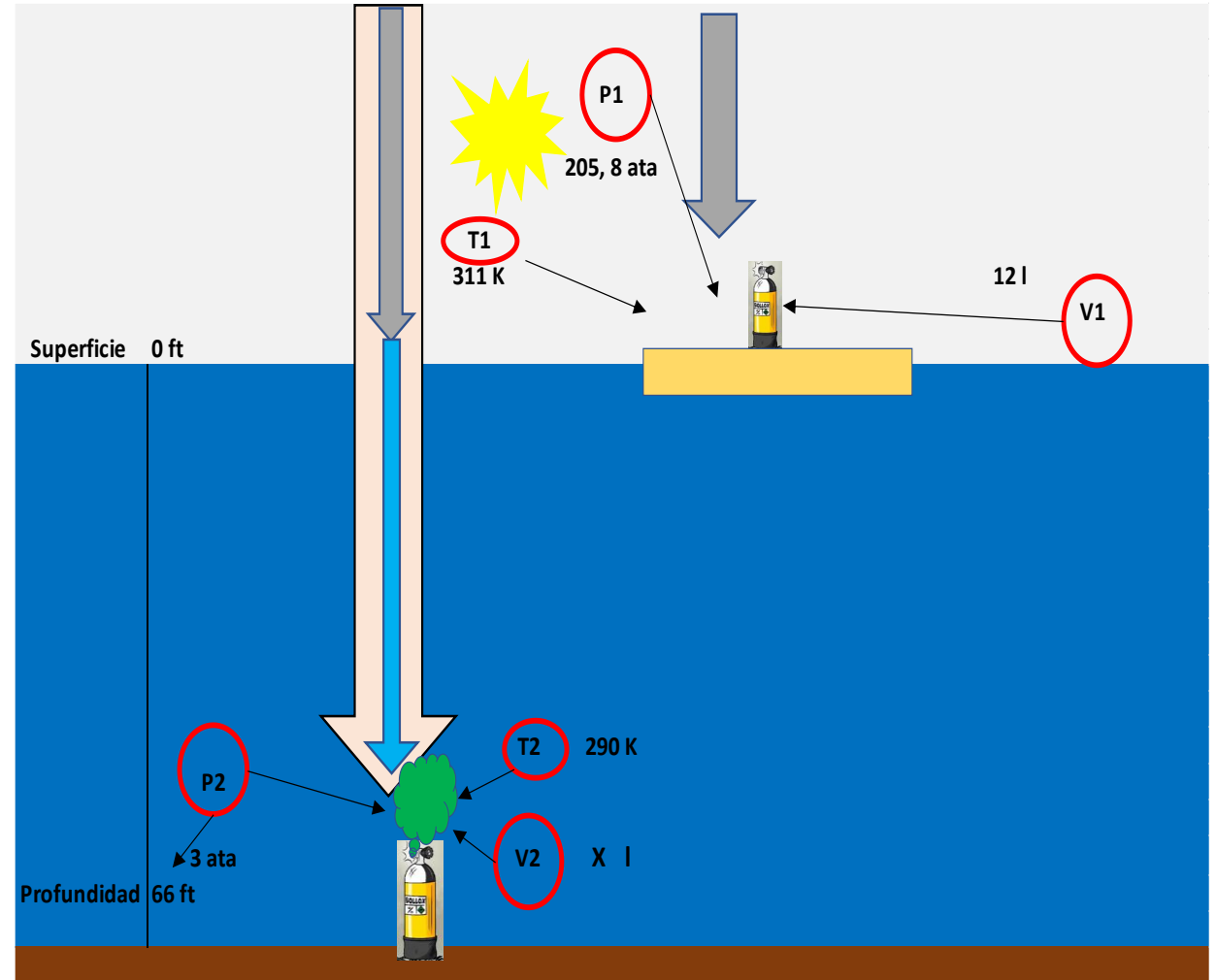
3.- Despejemos la ecuación:

$$V2 = \frac{P1 \times V1 \times T2}{T1 \times P2}$$

4.- Reemplacemos los datos y desarrollemos:

$$V2 = \frac{(205,8 \text{ ata} \times 12 \text{ l} \times 288 \text{ K})}{(311 \text{ K} \times 3 \text{ ata})}$$

$$V2 = 762,32 \text{ l}$$



Esto nos indica que el volumen de aire disponible en la botella de buceo es de 762,32 litros en la profundidad.

3.- Determine el volumen de aire que debe ser enviado desde superficie a una temperatura de 95 °F a un buzo que trabaja a 48 metros de profundidad en el mar con una temperatura de 41 °F, con un consumo promedio de 2,1 pie³ por estar en aguas frías.

1.- Expresemos los datos:

P1, Presión inicial = 1 ata

P2, Presión final = (48 m / 10 m) + 1 ata = 5,8 ata

T1, temperatura de inicio = 95 °F + 460 = 555 R

T2, temperatura de termino = 41 °F + 460 = 501 R

V1, volumen de inicio = X

V2, volumen de termino = 2,1 pie³

Con estos antecedentes, podemos expresar la ecuación de la ley General de los gases:

$$\frac{P1 \times V1}{T1} = \frac{P2 \times V2}{T2}$$

2.- Busquemos la incógnita:

$$\frac{P1 \times V1}{T1} = \frac{P2 \times V2}{T2}$$

3.- Despejemos la ecuación:

$$V1 = \frac{P2 \times V2 \times T1}{T2 \times P1}$$

4.- Reemplacemos los datos y desarrollemos:

$$V1 = \frac{(5,8 \text{ ata} \times 2,1 \text{ pie}^3 \times 555 \text{ R})}{(501 \text{ R} \times 1 \text{ ata})}$$

$$V1 = 13,49 \text{ pie}^3$$

Esto nos indica que el volumen de aire a enviar desde la superficie para mantener el consumo del buzo en la profundidad de trabajo es de 13,49 pie³.

4.- Determine el requerimiento de aire que debe ser enviado desde superficie cuando la temperatura alcanza los 33 °C, cuando un buzo esta trabajando a 50 metros de profundidad en el mar, a una Temperatura de 3 °C con un consumo promedio de 1,95 pie³ por minuto, exprese el resultado en litros por minuto.

1.- Expresemos los datos:

P1, Presión inicial = 1 ata

P2, Presión final = (50 m / 10 m) + 1 ata = 6 ata

T1, temperatura de inicio = 33 °C + 273 = 306 K

T2, temperatura de termino = 3 °C + 273 = 276 K

V1, volumen de inicio = X

V2, volumen de termino = 1,95 pie³

Con estos antecedentes, podemos expresar la ecuación de la ley General de los gases:

$$\frac{P1 \times V1}{T1} = \frac{P2 \times V2}{T2}$$

2.- Busquemos la incógnita:

$$\frac{P1 \times V1}{T1} = \frac{P2 \times V2}{T2}$$

3.- Despejemos la ecuación:

$$V1 = \frac{P2 \times V2 \times T1}{T2 \times P1}$$

4.- Reemplacemos los datos y desarrollemos:

$$V1 = \frac{(6 \text{ ata} \times 1,95 \text{ pie}^3 \times 306 \text{ K})}{(276 \text{ K} \times 1 \text{ ata})}$$

$$V1 = 12,97 \text{ pie}^3 = (12,97 \times 28,31) = 367,18 \text{ lts/}$$

Esto nos indica que el volumen de aire a enviar desde la superficie para mantener el consumo del buzo en la profundidad de trabajo es de 367,18 litros por minuto.