

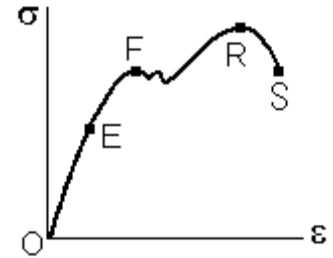
Los alumnos deberán elegir una de las dos opciones. El peso relativo de los ejercicios es: primero 40%, segundo 30% y tercero 30%. Los apartados valen todos lo mismo. Las preguntas del primer ejercicio son de respuesta corta.

**Opción A**

**Ejercicio 1**

- i. Indique cómo se comporta un material sometido a tracción cuando se sobrepasa su límite de fluencia. Dibuje un diagrama de esfuerzo-deformación para referir sus explicaciones.

El punto F de fluencia lo presentan algunos materiales, como por ejemplo el acero, y se encuentra por encima del límite elástico. En él, el material experimenta un alargamiento muy rápido sin que varíe la tensión que se le está aplicando. Pasado el intervalo de fluencia se inicia la zona límite de rotura donde a variaciones de la tensión positivas corresponden variaciones también positivas pero mayores de la deformación. Se alcanza así el punto R que define la tensión máxima o la deformación máxima, que puede experimentar un material antes de romperse. A partir de este punto el material se considera roto, aunque no se haya producido la fractura visual. Superado el punto R, aunque se mantenga constante o baje ligeramente la tensión aplicada, el material sigue alargándose progresivamente hasta que en el punto S se produce la rotura física total.



En todas las zonas anteriores el material presenta un comportamiento plástico, o sea, las deformaciones que experimenta son permanentes.

- ii. ¿Cuál es el esfuerzo de rotura en un ensayo de tracción sabiendo que la carga máxima sobre una probeta normalizada de 100 cm<sup>2</sup> de sección es de 3500 kp?. Exprese el resultado en unidades del sistema internacional.

$$A = 100 \text{ cm}^2 = 100 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$F_{\text{rot.}} = 3500 \text{ kp} = 34335 \text{ N}$$

$$\sigma_{\text{rot.}} = \frac{F_{\text{rot.}}}{A} \rightarrow \sigma_{\text{rot.}} = \frac{34335}{10^{-2}} \text{ Pa} = 3.43 \text{ MPa}$$

- iii. Describa brevemente el procedimiento a seguir para realizar un ensayo de Brinell. ¿Cómo se expresan los resultados de un ensayo de Brinell?

Un ensayo de Brinell es un ensayo pensado para medir la dureza de un material, entendiéndose por dureza la resistencia que éste ofrece a ser penetrado por otro. El procedimiento a seguir consiste en presionar una bola de acero templado de diámetro D, con una fuerza F contra la superficie del material de ensayo. La huella que esta bola deja en la muestra es un casquete esférico de diámetro d, cuya área A se puede poner en función de D y d. El número de dureza Brinell N, es igual a la presión que la bola ejerce sobre la superficie de ensayo, esto es,  $N=F/A$ .

Los resultados de un ensayo de Brinell se expresan según la relación N HB D F t, donde:

- N es el número de dureza Brinell, que se mide en kilopondios partido milímetro cuadrado (kp/mm<sup>2</sup>).
- HB indica que se trata de un ensayo de Brinell.
- D es el diámetro de la bola de acero en milímetros (mm).
- F es la fuerza que se aplica a la bola de acero en kilopondios (kp).

•  $t$  es el tiempo que se mantiene la bola de acero presionada contra la muestra de ensayo, medido en segundos (s).

- iv. En un ensayo de resiliencia se utiliza un péndulo de Charpy provisto de un martillo de 25 kg, que se deja caer desde una altura de 1.5 m. Después de romper una probeta de 4 cm<sup>2</sup> de sección, sube hasta una altura de 45 cm. ¿Cuál es la resiliencia del material de ensayo?.

$$m = 25 \text{ kg}$$

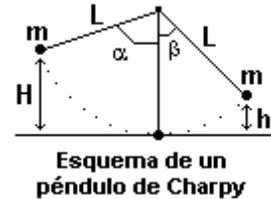
$$H = 1.5 \text{ m}$$

$$h = 45 \text{ cm} = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{Área de la sección de rotura (A)} = 4 \text{ cm}^2 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Energía de rotura } (\tau) = mg(H - h) \rightarrow \tau = 25 \times 9.81 \times (1.5 - 0.45) = 257.51 \text{ J}$$

$$\text{Resiliencia } (\rho) = \frac{\tau}{A} \rightarrow \rho = \frac{257.51 \text{ J}}{4 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 64.4 \times 10^4 \frac{\text{J}}{\text{m}^2} = 0.64 \frac{\text{J}}{\text{mm}^2}$$



- v. Explique brevemente el concepto de potencia eléctrica interna y a qué se deben las pérdidas que restadas a la misma dan como resultado la potencia útil.

La potencia eléctrica interna de un motor,  $P_{ei}$ , es la que se obtiene como diferencia entre su potencia absorbida,  $P_{ab}$ , y las pérdidas en el cobre,  $P_{cu}$ . La potencia útil se obtiene restando a  $P_{ei}$  las pérdidas magnéticas y las mecánicas, las primeras son debidas a las corrientes parásitas de Foucault y al fenómeno de histéresis magnética, mientras que las mecánicas se deben al rozamiento de los elementos móviles con otros elementos del motor y con el aire.

- vi. Determine la resistencia del inductor de un motor de corriente continua de 250V nominales cuya corriente de excitación en derivación es a plena carga de 2<sup>a</sup>

$$I = \frac{V}{I_e} = \frac{250}{2} = 125 \Omega$$

- vii. Enuncie el principio de conservación de la energía para fluidos ideales. Escriba su expresión matemática, comente las magnitudes que aparecen en la misma y diga en qué unidades se miden en el sistema internacional.

Partiendo del principio de conservación de la energía se puede demostrar para un fluido incompresible y no viscoso en régimen estacionario que

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

esto es, que *para una partícula de un fluido incompresible, no viscoso, en régimen estacionario, la suma de la altura  $z$  que ocupa la partícula respecto de un nivel de referencia, de la "altura de presión"  $p/\gamma$ , y de la "altura de velocidad"  $v^2/2g$ , es constante*. Esta forma práctica de expresar el principio de conservación de la energía se conoce como ecuación de Bernoulli. En esta ecuación:

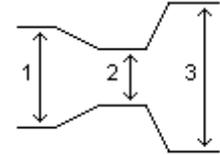
- $z$  es la altura que ocupa la partícula de fluido respecto de un nivel de referencia. En el sistema internacional se mide en metros (m).
- $p$  es la presión hidrostática. En el sistema internacional se mide en pascuales (Pa).
- $\gamma = \rho g$  es el peso específico del fluido, siendo  $\rho$  la densidad del fluido y  $g$  la aceleración de la gravedad. En el sistema internacional se mide en N/m<sup>3</sup>.
- $v$  es la velocidad del fluido. En el sistema internacional se mide en m/s.

Tratándose de una ecuación de conservación de la energía resulta extraño hablar de alturas, hecho que tiene connotaciones históricas. En un tratamiento más formal, el principio de conservación de la energía diría que *para una partícula de un fluido incompresible, no viscoso, en régimen estacionario, la suma de la energía potencial gravitatoria, de la energía relacionada con las fuerzas de presión y de la energía cinética, es constante*. A partir de este enunciado fácilmente se deduce la expresión de la ecuación de Bernoulli anterior.

- viii. Ordene de menor a mayor las velocidades y las presiones en las secciones 1, 2 y 3 de una tubería horizontal por la que circula un fluido ideal, siendo  $D_2 < D_1 < D_3$ , donde D indica diámetro.

Para un fluido ideal que circula por una conducción horizontal, las velocidades son inversamente proporcionales al área de las secciones y las presiones directamente proporcionales al área de las secciones.

$$v_3 < v_1 < v_2 \quad p_2 < p_1 < p_3$$



- ix. Defina el concepto de pérdida de carga en una conducción hidráulica.

La pérdida de carga o pérdida de altura no es otra cosa que la pérdida de energía que tiene lugar en un fluido viscoso en el que además se considera su rozamiento con la paredes del conducto por el que fluye. Todos los fluidos reales presentan pérdidas de carga, y por consiguiente, en todo problema de hidráulica de tuberías hay que considerar este fenómeno. La ecuación de Bernoulli del apartado vii) deja de ser válida y en su lugar se verifica que

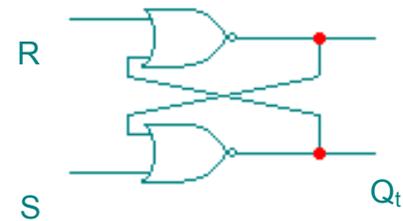
$$\left( z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} \right) - h_f = \left( z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \right)$$

siendo  $h_f$  el término que da cuenta de la pérdida de energía. En la ecuación anterior  $h_f$  tiene dimensiones de altura.

- x. Explique cómo funciona un biestable T.

Como sabemos el biestable RS constituye el circuito más elemental de memoria para almacenamiento de variables de un bit.

En la figura se muestra un biestable de este tipo construido con dos puertas NOR (también se puede construir con dos puertas NAND). Su funcionamiento es el siguiente: Si se activa (se pone a 1) la entrada S (SET), en caso de que R (RESET) esté a 0., la salida se activará ( $Q_t=1$ ). Si se pulsa RESET cuando SET está en 0, la salida se desactivará ( $Q_t=0$ ). Si ambas entradas permanecen a 0, la salida mantendrá el valor almacenado en la operación anterior, que se denominaremos  $Q_{t-1}$ .



En caso de que las dos entradas se activen simultáneamente la salida es impredecible. Para solucionar esto, se diseñó el biestable JK. Básicamente, un biestable J-K es un biestable R-S al que se le ha eliminado la indeterminación que presenta cuando ambas entradas valen uno. Si en un biestable JK se unen las dos entradas, obtenemos otro dispositivo diferente conocido como **biestable T**.

## Ejercicio 2.

Un sistema frigorífico, con rendimiento del 20% del ciclo de Carnot inverso, se utiliza para mantener una temperatura de foco frío de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , siendo la temperatura ambiente de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sabiendo que se ceden 2250 cal al foco caliente, determine:

a) La eficiencia de la máquina frigorífica

El rendimiento del ciclo de Carnot para esta máquina es:

$$\eta_c = \frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{273 + (-25)}{273 + 20 - (273 + (-25))} = \frac{248}{45} \approx 5.51$$

Luego la eficiencia real será:

$$\eta = 0.20 \cdot \eta_c = 0.20 \cdot 5.51 = 1.102$$

b) La energía que extrae del foco frío (en calorías y julios)

Por definición, la máquina frigorífica extrae  $Q_F$  unidades de energía del foco frío (interior), a costa de un trabajo externo sobre el sistema (compresor), y cede  $Q_C$  unidades de energía al foco caliente (ambiente) con una eficiencia determinada. Es decir:

$$\eta = \frac{Q_F}{W} = \frac{Q_F}{Q_C - Q_F}$$

Despejando  $Q_F$

$$Q_F = \frac{\eta}{1 + \eta} \cdot Q_C = \frac{1.102}{2.102} \cdot 2250 = 1179.59 \text{ cal} = 1179.59 \text{ (cal)} \cdot 4.18 \left(\frac{\text{J}}{\text{cal}}\right) = 4930.69 \text{ (J)}$$

c) Si el compresor eléctrico que realiza el trabajo posee un rendimiento del 80%, ¿qué energía, en julios, necesita para completar cada ciclo?

El compresor debe realizar un trabajo neto

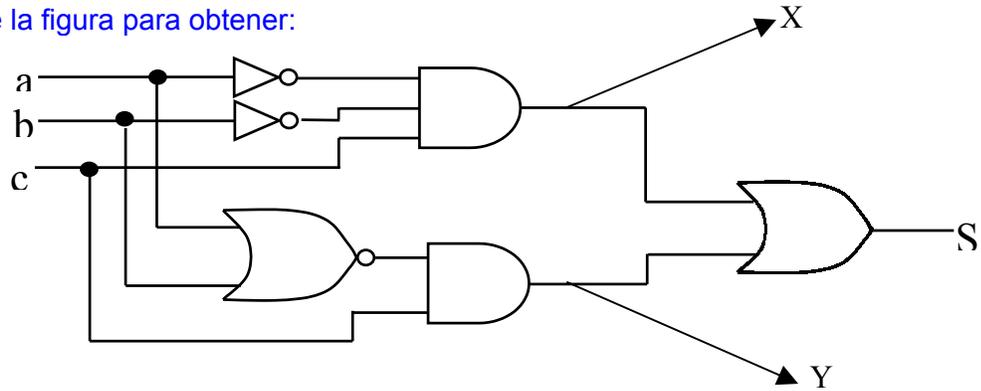
$$W = \frac{Q_F}{\eta} = Q_C - Q_F = 4474.31 \text{ (J)}$$

dado que posee un rendimiento del 80%, necesitará una energía total de:

$$\eta_{comp} = \frac{W}{E} \Rightarrow E = \frac{W}{\eta_{comp}} = \frac{4474.31}{0.80} = 5592.89 \text{ (J)}$$

### Ejercicio 3

Analice el circuito de la figura para obtener:



a) La ecuación de la función que representa.

Las ecuaciones de X e Y serán:

$$X = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c; \quad Y = (a + b) \cdot c$$

con lo que la ecuación de salida será:

$$F = X + Y = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + (a + b) \cdot c$$

b) La tabla de verdad

a	b	c	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

c) La implementación de la función simplificada obtenida a partir de la tabla de verdad.

Para simplificar la función no es necesario utilizar un mapa de Karnaugh, simplemente utilizaremos el teorema De Morgan y así:

$$S = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c$$

esta es la función que habría que representar.

## Opción B

### Ejercicio 1

- i. En un ensayo de tracción: ¿Qué son el esfuerzo y la deformación unitaria?. ¿En qué unidades se miden en el sistema internacional? ¿Qué relación matemática existe entre ambas cuando se trabaja por debajo del límite elástico (en la zona de proporcionalidad)?.

El esfuerzo unitario se define como el cociente entre la fuerza  $F$  a la que está sometida la probeta de ensayo y el área  $A$  de su sección:  $\sigma = F/A$ . En el sistema internacional se mide en newtons partido por metro cuadrado,  $N/m^2$ , esto es, en pascales.

La deformación unitaria se define como el cociente entre el incremento de longitud de la probeta de ensayo ( $L-L_0$ ) y su longitud inicial  $L_0$ :  $\epsilon = (L-L_0)/L_0$ . De acuerdo con esta definición es una magnitud adimensional.

Cuando se trabaja por debajo del límite de proporcionalidad resulta que las deformaciones y los esfuerzos unitarios son proporcionales,

$$\sigma = E \epsilon$$

siendo la constante de proporcionalidad  $E$ , el módulo elástico o módulo de Young del material. La relación anterior se conoce como ley de Hooke.

- ii. ¿Qué esfuerzo soporta una barra de 30 mm de diámetro sometida a una fuerza de 85 kN?.

$$\Phi = 30 \text{ mm} = 30 \times 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow A = \frac{\pi}{4} \times (30 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2 = 706.88 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F = 85 \text{ kN} = 85 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow \sigma = \frac{85 \times 10^3}{706.88 \times 10^{-6}} \text{ Pa} = 0.120 \times 10^9 \text{ Pa} = 120 \text{ MPa}$$

- iii. El resultado de un ensayo de dureza de Vickers es 1200 HV 15 20. Comente brevemente el significado de los números de esta expresión, indicando las unidades en que se miden.

- 1200, es el número de dureza, que indica la presión que se aplica al diamante que se comprime contra el material de ensayo. Esta presión es el cociente entre la fuerza aplicada al diamante y el área de la huella que éste deja en el material de ensayo. Se mide en  $kp/mm^2$ .
- HV, indica dureza Vickers, esto es, que se trata de un ensayo Vickersl.
- 15, indica la fuerza que se aplica al diamante. Se mide en kilopondios (kp).
- 20, indica el tiempo que se mantiene al diamante presionado contra el material de ensayo. Se mide en segundos (s).

- iv. En un informe se dice: “El ensayo de resiliencia se realizó con un péndulo de Charpy. Se observó que el martillo, que inicialmente se colocó a 1 m de altura, después de romper la probeta, ascendió hasta 1.2 m”. ¿Pondría usted objeciones a este comentario?. Indíquelas.

Sí. La ruptura de la probeta por el martillo supone que éste pierde energía, de forma que no puede alcanzar después del impacto una altura superior a aquella desde la que se le dejó caer. Lo que se dice en el informe va en contra del principio de conservación de la energía.

- v. ¿Cómo debe ser la variación que experimenta el par interno de un motor eléctrico si cuando varía ligeramente el par resistente, el sistema motor–carga recupera su punto de equilibrio o de funcionamiento estable?

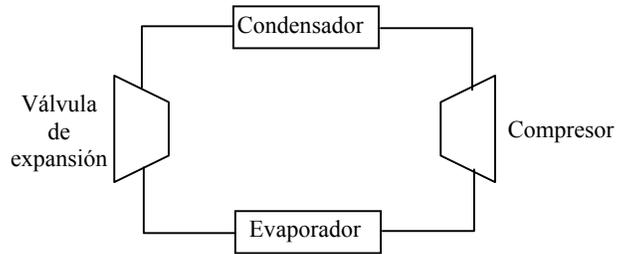
La variación del par interno del motor con respecto al par resistente que presenta la carga, debe ser inversa. Ante un pequeño aumento de la velocidad de régimen el par motor debe disminuir y el resistente aumentar y ocurriría lo contrario para una disminución de la velocidad. De no ser así, el motor se embalaría o acabaría parándose.

- vi. Determine la potencia nominal absorbida por un motor eléctrico que a plena carga tiene un rendimiento del 85% y es capaz de arrastrar una carga de 4048 W

$$P_{ab} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{4048}{0.85} = 4762.35$$

- vii. Describa brevemente los componentes de un sistema frigorífico, indicando los procesos termodinámicos que tienen lugar en cada uno de ellos.

En una máquina frigorífica consisten en un compresor que comprime el gas refrigerante (amoníaco o carbónico), al elevar su presión eleva su temperatura (conversión de energía mecánica en térmica) de forma que circula a alta presión hasta el condensador en los que experimenta una refrigeración transformándose en líquido.



Posteriormente el líquido llega a una válvula de expansión donde al sufrir un violento descenso de presión se evapora rápidamente de forma que disminuye su temperatura. El gas circula por la cámara provocando su enfriamiento y retorna al compresor por aspiración de éste, para iniciar, de nuevo, el ciclo.

El objetivo de una bomba de calor consiste en aportar calor a un recinto que se encuentra a una determinada temperatura desde un foco cuya temperatura es inferior, de forma que para esto es necesario el aporte de trabajo. Una bomba de calor funciona exactamente igual que una máquina frigorífica que opera entre una temperatura del foco frío igual a la del ambiente y una temperatura del foco caliente superior.

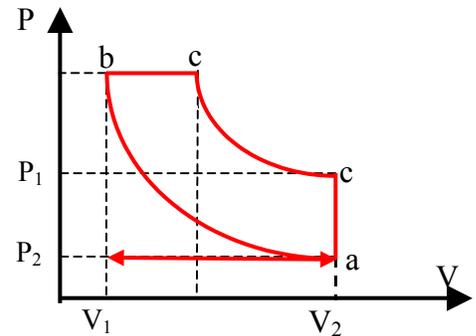
- viii. Dibuje el ciclo termodinámico (diagrama PV) teórico de un motor Diesel e indique en qué procesos recibe o cede energía.

Tramo a→b: Compresión adiabática.

Tramo b→c: Expansión isobara. Hay absorción de energía del combustible.

Tramo a→b: Expansión adiabática.

Tramo a→b: Despresurización isócara. Hay cesión de energía al ambiente.



- ix. ¿Qué se entiende por humedad absoluta y humedad relativa del aire?. Indique en qué unidades se miden estas magnitudes en el sistema internacional.

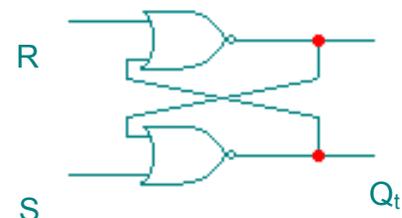
Humedad absoluta, es la masa de vapor de agua por unidad de volumen de aire. En el sistema internacional se mide en  $\text{kg/m}^3$ , pero frecuentemente se expresa en  $\text{g/m}^3$ .

Humedad relativa, es el cociente entre la masa de vapor de agua que hay en un volumen dado de aire y la masa de vapor de agua que habría en ese volumen si estuviese saturado. De la propia definición se sigue que es una magnitud adimensional.

- x. Explique cómo funciona un biestable J-K.

Como sabemos el biestable RS constituye el circuito más elemental de memoria para almacenamiento de variables de un bit.

En la figura se muestra un biestable de este tipo construido con dos puertas NOR (también se puede construir con dos puertas NAND). Su funcionamiento es el siguiente: Si se activa (se pone a 1) la entrada S (SET), en caso de que R (RESET) esté a 0., la salida se activará ( $Q_t=1$ ). Si se pulsa RESET cuando SET está en 0, la salida se desactivará ( $Q_t=1$ ). Si ambas entradas permanecen a 0, la salida mantendrá el valor almacenado en la operación anterior, que se denominaremos  $Q_{t-1}$ .

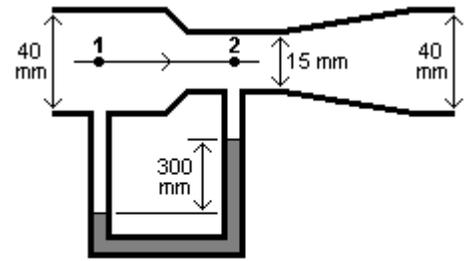


En caso de que las dos entradas se activen simultáneamente la salida es impredecible. Con esta restricción de las entradas, el biestable RS funciona con seguridad como dispositivo de memoria en el cual el estado de las salidas indica cuál de las entradas fue la última en ocupar el nivel 1. Básicamente, un biestable J-K es un biestable R-S al que se le ha eliminado la indeterminación que presenta cuando ambas entradas valen uno

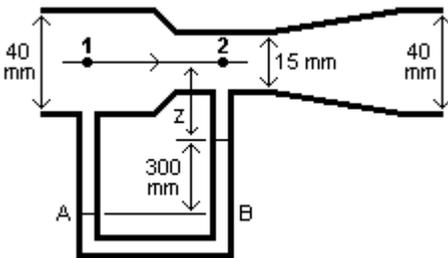
**Ejercicio 2.** En el venturímetro que se muestra en la figura adjunta la lectura del manómetro diferencial de mercurio es 300 mm. De acuerdo con los datos de la figura, calcule:

- la diferencia de presiones entre los puntos 1 y 2 en bares, (bar).
- la velocidad del agua en las secciones 1 y 2 en metros por segundo, (m/s).
- el caudal que circula por el venturímetro en litros por segundo, (l/s).

*Dato: el peso específico del agua vale  $9.81 \text{ kN/m}^3$  y que el peso específico del mercurio vale  $132.8 \text{ kN/m}^3$ . Recuerde que  $1 \text{ kPa} = 0.01 \text{ bar}$ .*



## Solución



- a) Puesto que los puntos A y B están al mismo nivel en el mismo fluido en reposo, su presión es la misma

$$p_A = p_B$$

$$\left. \begin{aligned} p_A &= p_1 + \gamma_{H_2O}(z + 0.3) \\ p_B &= p_2 + \gamma_{H_2O}z + \gamma_{Hg}0.3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow p_1 - p_2 = (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}) \times 0.3$$

$$p_1 - p_2 = (132.8 - 9.81) \times 0.3 = 36.9 \text{ kPa} = 0.37 \text{ bar}$$

- b) De acuerdo con la ecuación de continuidad,

$$Q_1 = Q_2 \Leftrightarrow \frac{\pi}{4}(40 \times 10^{-3})^2 v_1 = \frac{\pi}{4}(15 \times 10^{-3})^2 v_2 \Rightarrow v_2 = 7.11 v_1$$

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre las secciones 1 y 2:

$$1 \rightarrow 2 : 0 + \frac{p_1}{9.81} + \frac{v_1^2}{19.62} = 0 + \frac{p_2}{9.81} + \frac{50.57 v_1^2}{19.62} \Rightarrow v_1^2 = \frac{19.62}{49.57} \left( \frac{p_1 - p_2}{9.81} \right)$$

$$v_1 = 1.22 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 8.68 \text{ m/s}$$

- c) El caudal que circula por el venturímetro será:

$$Q = \frac{\pi}{4}(15 \times 10^{-3})^2 \times 8.68 = 1.53 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cong 1.53 \text{ l/s}$$

### Ejercicio 3

Un sistema de alarma está constituido por cuatro detectores denominados a, b, c y d; el sistema debe activarse cuando se activen tres o cuatro detectores, si sólo lo hacen dos detectores, es indiferente la activación o no del sistema. Por último, el sistema nunca debe activarse si se dispara un solo detector o ninguno. Por razones de seguridad el sistema se deberá activar si  $a=0, b=0, c=0$  y  $d=1$ .

a) Construya la tabla de verdad del circuito.

a	b	c	d	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	X
0	1	0	0	0
0	1	0	1	X
0	1	1	0	X
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	X
1	0	1	0	X
1	0	1	1	1
1	1	0	0	X
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

b) Obtenga la función simplificada en forma de suma de productos (minterms o primera forma canónica).

cd\ab	00	01	11	10	
00			X		
01	1	x	1	X	→ d
11	x	1	1	1	
10		x	1	x	→ bc

Mapa de Karnaugh

Del mapa obtenemos la función simplificada

$$F = b \cdot c + d$$

c) Implemente el circuito utilizando puertas NOR.

Negando dos veces la ecuación anterior y aplicando el teorema De Morgan, tendremos

$$F = \overline{\overline{b + c}} + d$$

esta sería la función a implementar