

Se dispone de un termistor NTC cuyas características se representan en las figuras 1 y 2

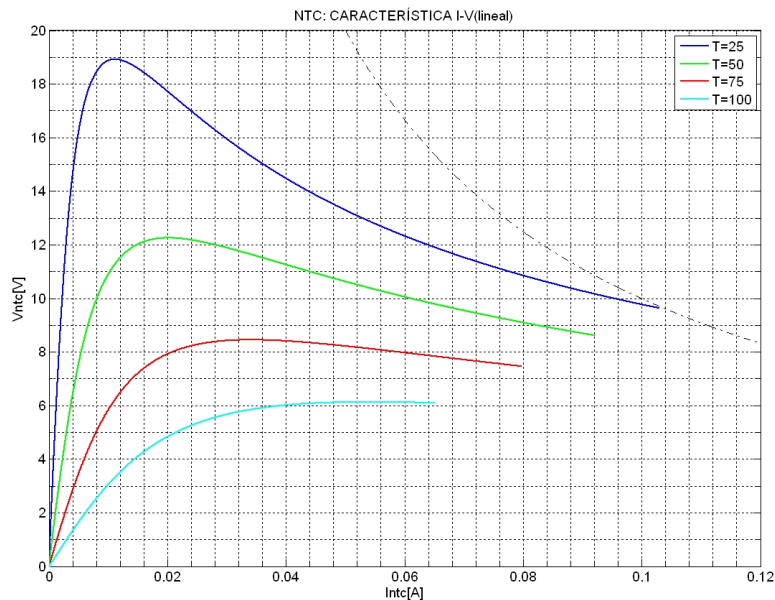


Figura 1: Característica I-V (lineal).

1. Calcular  $R_{25}$ ,  $\beta_{25/100}$ ,  $T_{max}$ ,  $R_{min}$  y  $P_{max}$

Buscamos en la característica I-V logarítmica, figura 2, sobre la línea correspondiente a la temperatura ambiente  $25^{\circ}C$ , un punto y calculamos el valor de la pendiente:

$$R_{25} = \frac{V}{I} = \frac{2}{4 \times 10^{-4}} = 5000\Omega$$

Ahora buscamos un punto sobre la línea correspondiente a la temperatura ambiente  $100^{\circ}C$  y calculamos la pendiente:

$$R_{100} = \frac{V}{I} = \frac{1}{3 \times 10^{-3}} = 333,33\Omega$$

y calculamos el valor de la beta:

$$\beta_{25/100} = \frac{\ln \frac{R(100)}{R(25)}}{\frac{1}{T_{100}} - \frac{1}{T_{25}}} = \frac{\ln \frac{333,33}{5000}}{\frac{1}{373} - \frac{1}{298}} \approx 4013K$$

Para calcular la  $T_{max}$  necesitamos la resistencia térmica,  $R_{th}$  del NTC. Sobre la curva I-V lineal, figura 1, trazamos la recta correspondiente a la resistencia del NTC a la temperatura  $100^{\circ}C$ , que acabamos de calcular. Buscamos el corte de la recta  $R_{100}$  con la curva correspondiente a la

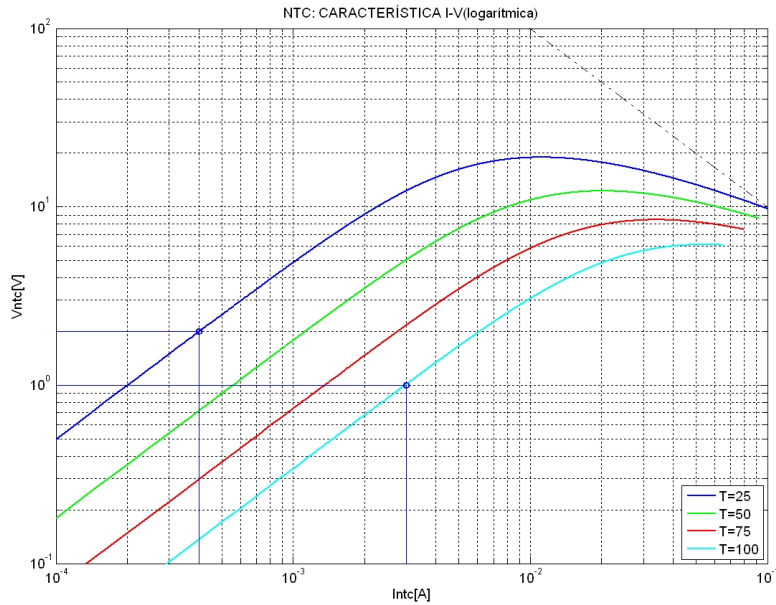


Figura 2: Característica I-V (logarítmica)

temperatura ambiente  $25^{\circ}C$ , lo que nos da el punto  $A = (0,042; 14,2)$ , ver figura 3.

Si el NTC estuviera en equilibrio térmico en dicho punto se verifica:

$$P = V \cdot I = \frac{1}{R_{th}}(T - T_a)$$

Despejando, obtenemos

$$R_{th} = \frac{T - T_a}{P} = \frac{100 - 25}{0,6} = 125 \frac{K}{W}$$

Ahora podemos calcular la  $T_{max}$  teniendo en cuenta que en equilibrio térmico

$$P_{max} = \frac{1}{R_{th}}(T_{max} - T_a) \Rightarrow T_{max} = P_{max}R_{th} + T_a$$

Nótese que en la ecuación anterior, la temperatura máxima depende de la temperatura ambiente. Sin embargo, la  $T_{max}$  se define en condiciones normales ( $T_a = 25^{\circ}C$ ), por lo tanto:

$$T_{max} = 1 \cdot 125 + 25 = 150^{\circ}C$$

donde el valor de la  $P_{max} = 1W$  se obtiene de la figura 1.

La  $R_{min}$  se obtiene de

$$R(T) = R_{25}e^{\beta(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}})} \Rightarrow R_{min} = R_{25}e^{\beta(\frac{1}{T_{max}} - \frac{1}{T_{25}})}$$

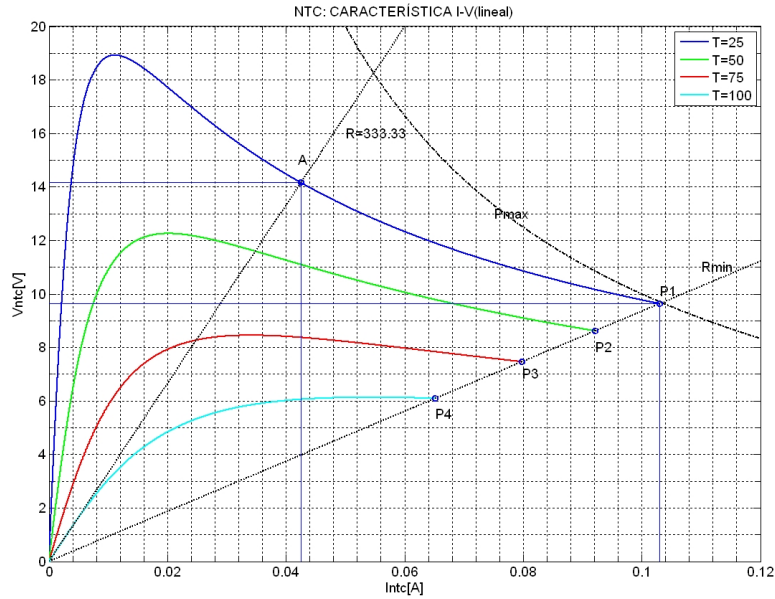


Figura 3: En el punto  $A$  el NTC se encuentra a  $100^{\circ}C$ , y está sometido a una potencia  $P = V \cdot I = 14,2 \cdot 0,042 = 0,6W$

Sustituyendo valores:

$$R_{min} = 5000e^{4013\left(\frac{1}{150+273} - \frac{1}{25+273}\right)} = 93,5\Omega$$

La potencia máxima aplicable a la NTC depende de la temperatura ambiente. En condiciones nominales, si se aplica la  $P_{max}$  nominal ( $1W$ ), la NTC alcanza la temperatura máxima en el punto  $P_1$ . Si la temperatura ambiente es superior a la nominal, la NTC alcanza la temperatura máxima antes de haberle aplicado  $1W$ . Podemos calcular la máxima potencia aplicable para cada valor de temperatura ambiente (curva de desvataje). Para ello, utilizamos la ecuación del equilibrio térmico, imponiendo que la NTC se encuentre a la temperatura máxima:

$$P_{max}(25) = \frac{150 - 25}{125} = 1W \quad (1)$$

$$P_{max}(50) = \frac{150 - 50}{125} = 0,8W \quad (2)$$

$$P_{max}(75) = \frac{150 - 75}{125} = 0,6W \quad (3)$$

$$P_{max}(100) = \frac{150 - 100}{125} = 0,4W \quad (4)$$

$$(5)$$

Estas potencias deben coincidir con las calculadas en los puntos  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  y  $P_4$  de la figura 3.

2. Se desea utilizar la NTC como sensor de temperatura, según el circuito de la figura 4 Dibujar la recta de carga en cada caso ( $R_{eq} = 60\Omega$  y  $R_{eq} =$

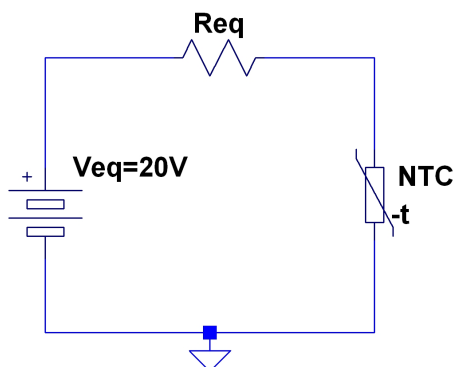


Figura 4: Circuito sensor de temperatura.  $V_{eq}$  siempre vale  $20V$ . La  $R_{eq}$  vale  $500\Omega$  en un caso y  $60\Omega$  en otro.

$500\Omega$ ) y razone con cual de los resistores de valor fijo es posible medir una temperatura ambiente de  $75^\circ C$ .

Para dibujar la recta de carga planteamos la ecuación de la malla del circuito:

$$V_{eq} = i_{ntc}R_{eq} + V_{ntc} \Rightarrow V_{ntc} = V_{eq} - i_{ntc}R_{eq}$$

y damos los valores extremos:

$$V_{ntc} = 0 \Rightarrow i_{ntc} = \frac{V_{eq}}{R_{eq}} \quad (6)$$

$$i_{ntc} = 0 \Rightarrow V_{ntc} = V_{eq} \quad (7)$$

La figura 5 indica que la resistencia fija de  $500\Omega$  es la que permite que la NTC se estabilice para cualquier temperatura ambiente en el rango  $25 - -100^\circ C$ . En los puntos  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  y  $P_4$  la NTC alcanza el equilibrio térmico para las temperaturas  $25^\circ C$ ,  $50^\circ C$ ,  $75^\circ C$  y  $100^\circ C$  respectivamente. Se puede dibujar la curva de calibración del sensor de temperatura graficando el voltaje de la NTC en los puntos citados, frente a las correspondientes temperaturas ambiente.

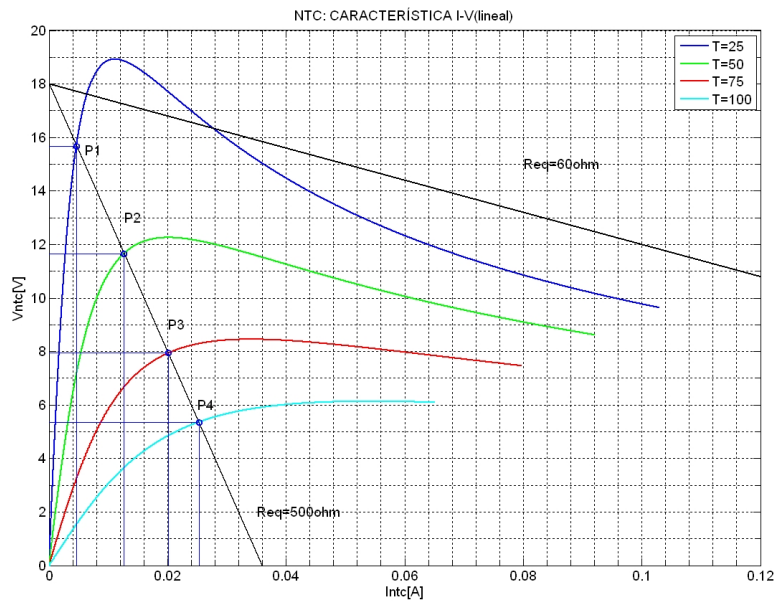


Figura 5: Recta de carga para los dos valores de  $R_{eq}$