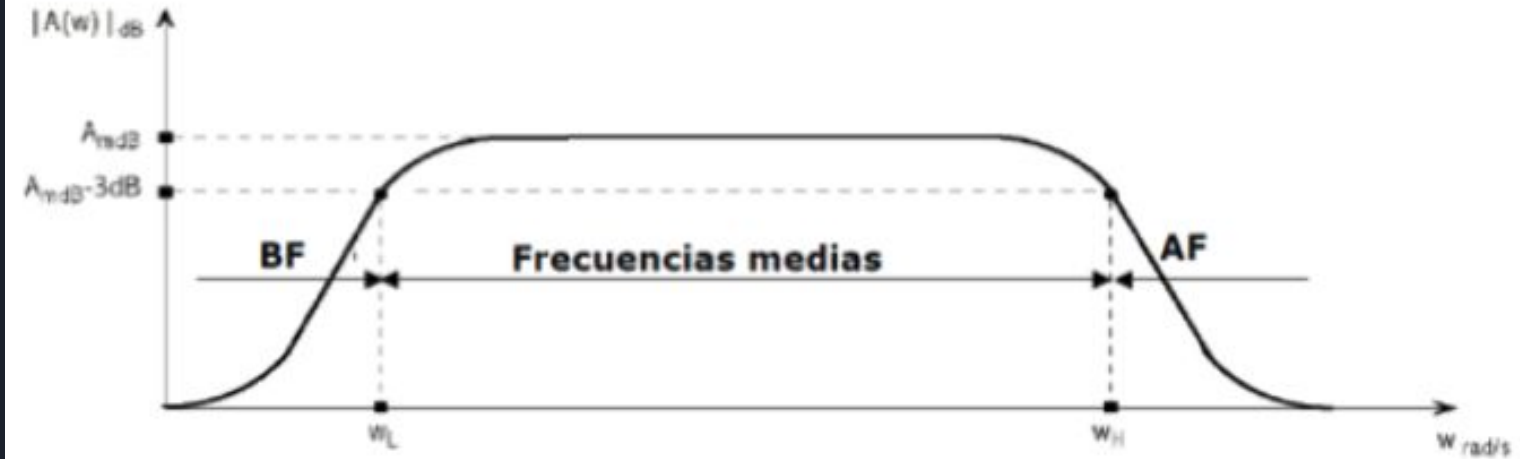




# Respuesta en frecuencia del BJT

Electrónica Industrial - 4to año

# Marco Teórico



## Bajas Frecuencias:

- Ignorar las capacidades internas del transistor.
- Incluir los condensadores de acoplo y desacoplo.
- Si  $s = j\omega \rightarrow \infty$  aproximar los resultados a frecuencias medias.

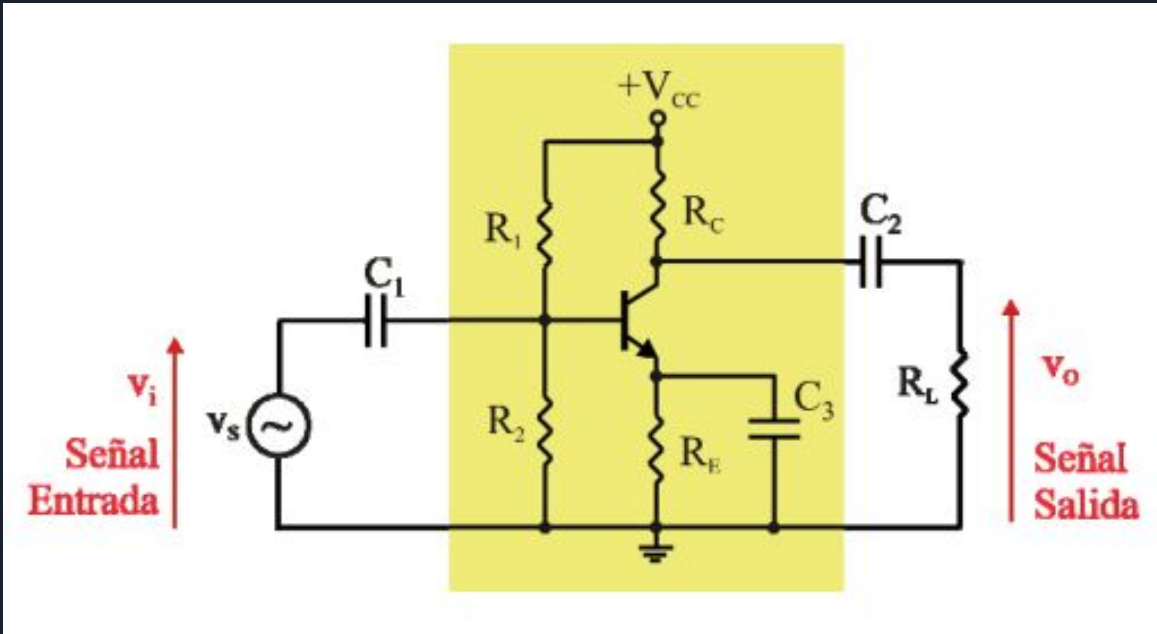
## Frecuencias Medias:

- Ignorar las capacidades internas del transistor.
- Considerar los condensadores de acoplo y desacoplo como cortocircuitos.
- Considerar la ganancia constante.

## Altas Frecuencias:

- Incluir las capacidades internas del transistor.
- Considerar los condensadores de acoplo y desacoplo como cortocircuitos.
- Si  $s = j\omega \rightarrow \infty$  aproximar los resultados a frecuencias medias.

# Introducción - Circuito EC completo



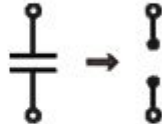
- Los condensadores  $C_1$  y  $C_2$  que aparecen se denominan condensadores de acoplo y sirven para bloquear la componente continua.
- $C_1$  sirve para acoplar la tensión que queremos amplificar al amplificador propiamente dicho.
- $C_2$  nos permite acoplar la señal amplificada a la carga.
- $C_3$  es un condensador de desacoplo, su misión es la de proporcionar un camino a tierra a la componente alterna.

# Principio de Superposición

$$|X_c| = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$

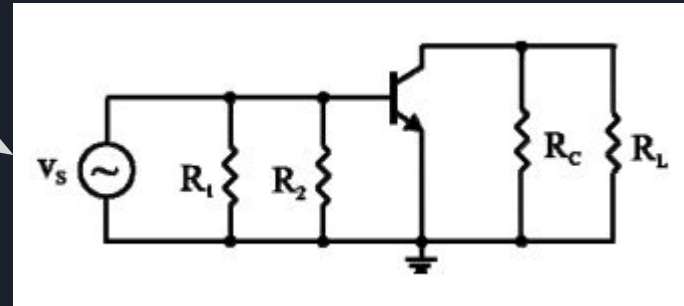
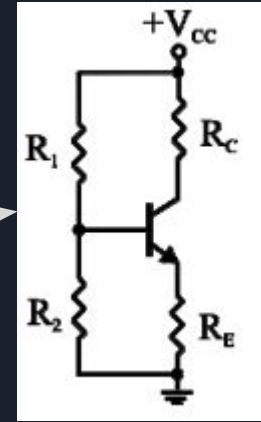
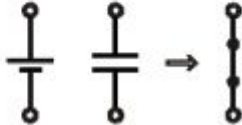
Análisis en continua (DC)

$$|X_c| = \infty$$



Análisis en alterna (AC)

$$|X_c| = 0$$

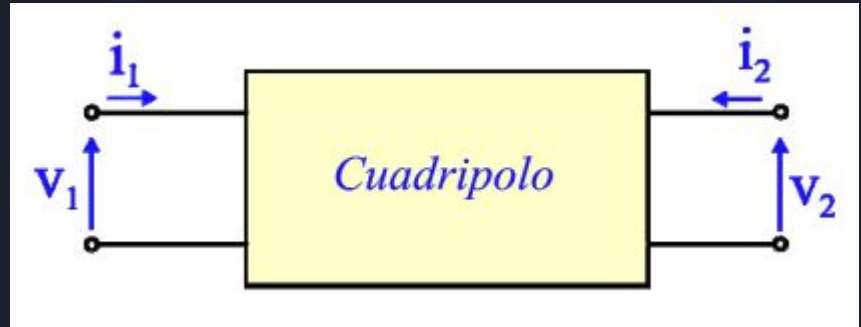


# MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DEL BJT

## Cuadripolo y su modelo híbrido

Vamos a estudiar los cuadripolos como si de cajas negras se tratasen.

Sin importarnos lo que hay en el interior, sólo nos van a interesar las tensiones y corrientes a la entrada y salida del mismo.



Supongamos ahora que dichas variables de entrada y salida están relacionadas a través de las siguientes ecuaciones.

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= h_{11} \cdot i_1 + h_{12} \cdot v_2 \\ i_2 &= h_{21} \cdot i_1 + h_{22} \cdot v_2 \end{aligned} \right\} \text{ o en forma matricial } \begin{Bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} i_1 \\ v_2 \end{Bmatrix}$$

# MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DEL BJT

## Cuadripolo y su modelo híbrido

$$\begin{cases} v_1 = h_{11} \cdot i_1 + h_{12} \cdot v_2 \\ i_2 = h_{21} \cdot i_1 + h_{22} \cdot v_2 \end{cases} \text{ o en forma matricial } \begin{Bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} i_1 \\ v_2 \end{Bmatrix}$$

Los parámetros  $h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{21}$  y  $h_{22}$  se denominan parámetros  $h$  o parámetros híbridos debido a que tienen dimensiones heterogéneas.

$$h_{11} = \left. \frac{v_1}{i_1} \right|_{v_2=0}$$

**Impedancia de entrada** con la salida en cortocircuito. Dimensiones de resistencia ( $\Omega$ )

$$h_{12} = \left. \frac{v_1}{v_2} \right|_{i_1=0}$$

**Ganancia inversa de tensión** con la entrada en circuito abierto. Adimensional

$$h_{21} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{v_2=0}$$

**Ganancia de corriente** con la salida en cortocircuito. Adimensional

$$h_{22} = \left. \frac{i_2}{v_2} \right|_{i_1=0}$$

**Admitancia de salida** con la entrada en circuito abierto. Dimensiones de conductancia ( $\Omega^{-1}$ )

Según las normas de IEEE, se recomienda usar los siguientes subíndices:

- i = 11 - entrada
- r = 12 - transferencia directa
- f = 21 - transferencia directa
- o = 22 - transferencia inversa

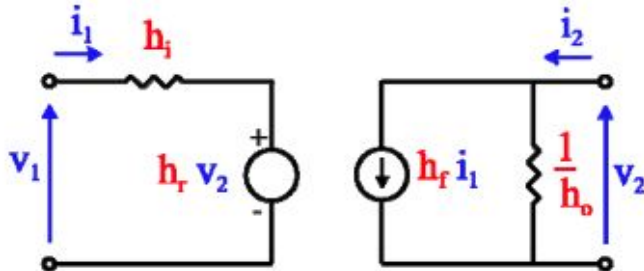
# MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DEL BJT

## Cuadripolo y su modelo híbrido

En el caso particular de que se trate de un transistor, se añadirá un segundo subíndice (e, b, c) indicativo del tipo de configuración según sea emisor, base o colector común respectivamente.

$h_{ie}$  = impedancia de entrada en emisor común  
 $h_{fb}$  = ganancia de corriente en base común

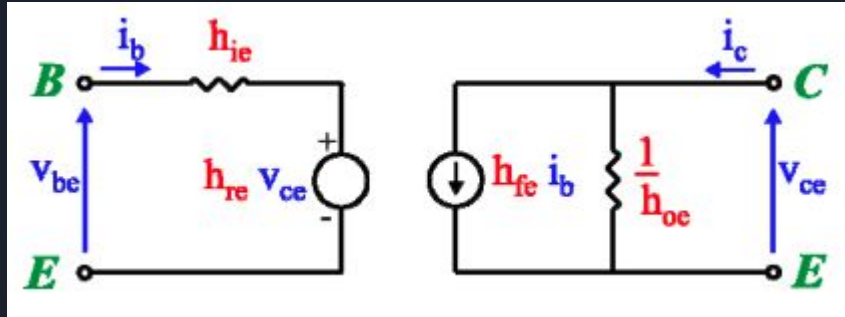
$$\left. \begin{aligned} v_1 &= h_{11} \cdot i_1 + h_{12} \cdot v_2 \\ i_2 &= h_{21} \cdot i_1 + h_{22} \cdot v_2 \end{aligned} \right\}$$



$$\left. \begin{aligned} v_{be} &= h_{ie} \cdot i_b + h_{re} \cdot v_{ce} \\ i_c &= h_{fe} \cdot i_b + h_{oe} \cdot v_{ce} \end{aligned} \right\}$$

# MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DEL BJT Cuadripolo y su modelo híbrido

En nuestro caso analizamos un Amplificador Emisor Común

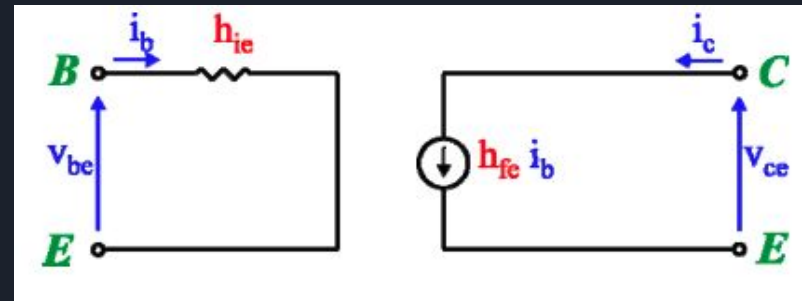


## MODELO SIMPLIFICADO

$$h_{re} = 2.5 \times 10^{-4}$$

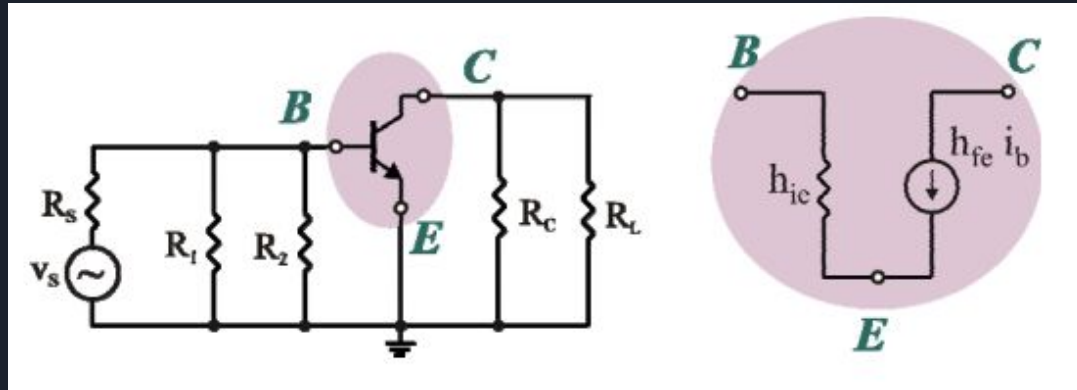
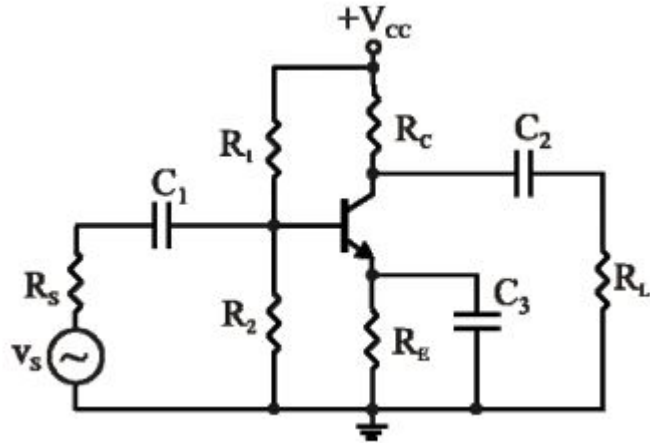
$$h_{oe} = 25 \mu A/V$$

$$\left. \begin{aligned} v_{be} &= h_{ie} \cdot i_b \\ i_c &= h_{fe} \cdot i_b \end{aligned} \right\}$$

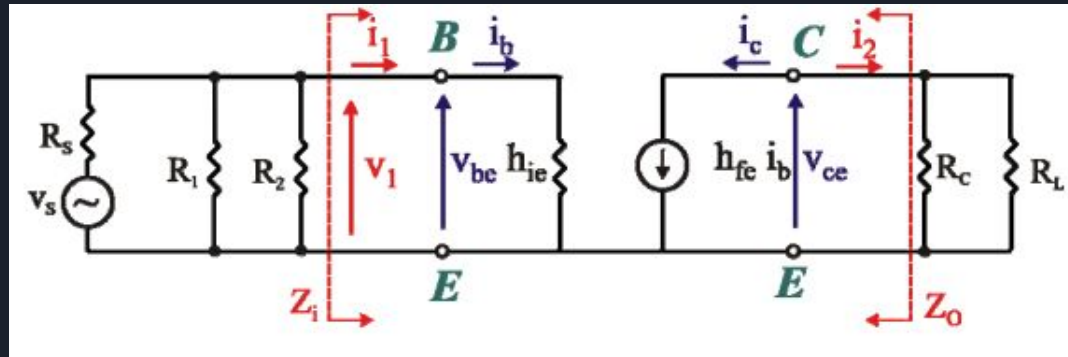
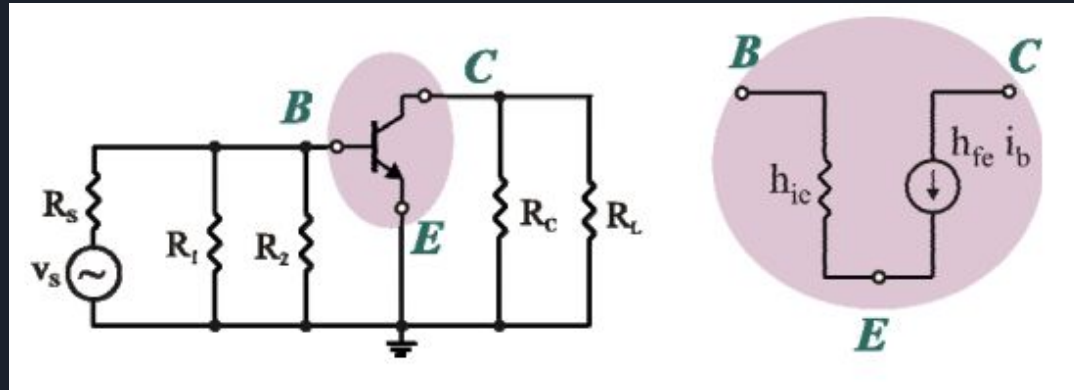




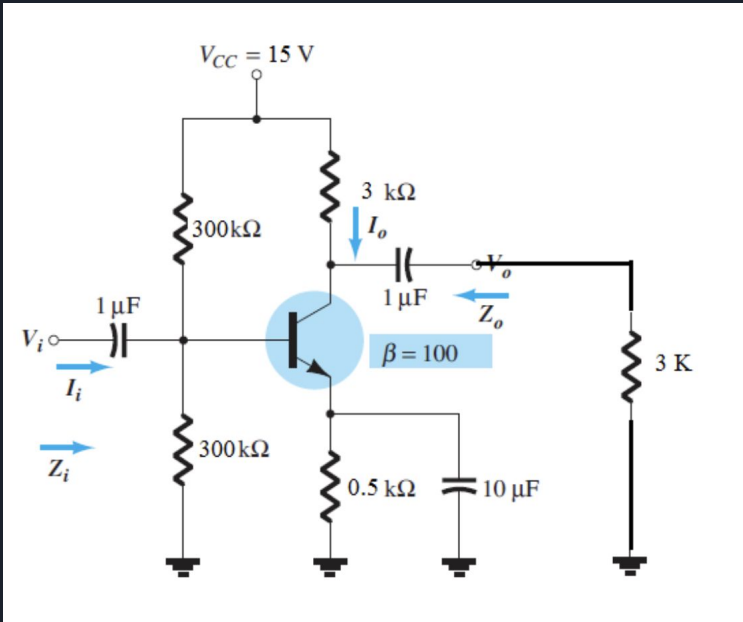
# Ejemplo Amplificador Emisor Común



# Ejemplo Amplificador Emisor Común



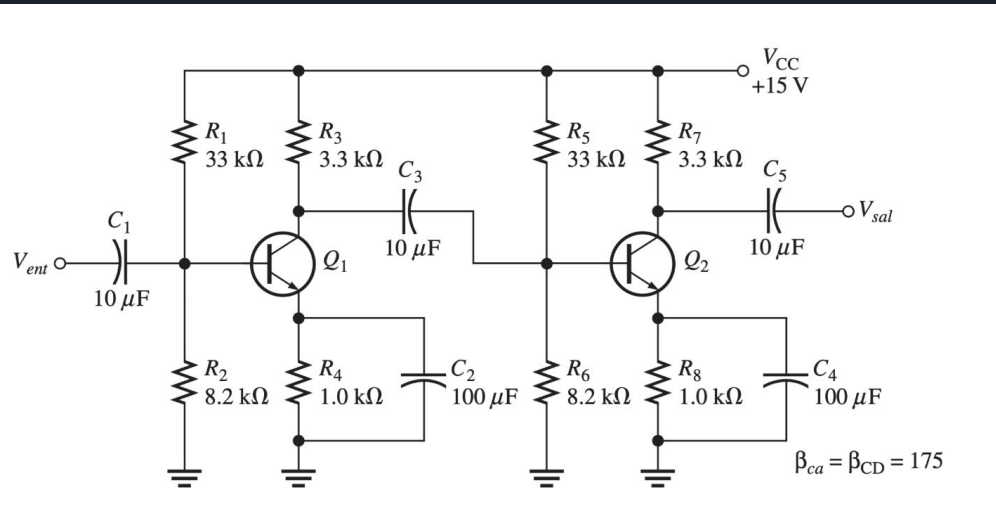
# Practiquemos



En el siguiente circuito hallar

1. El punto Q ( $I_{cQ}$ ,  $I_{bQ}$  y  $V_{ceQ}$ ).
2. Rediseñar solo  $R_1$  y  $R_2$  para MES (máxima excursión simétrica)
3. Calcular la ganancia de tensión si  $h_{ie} = 1\text{ K}$

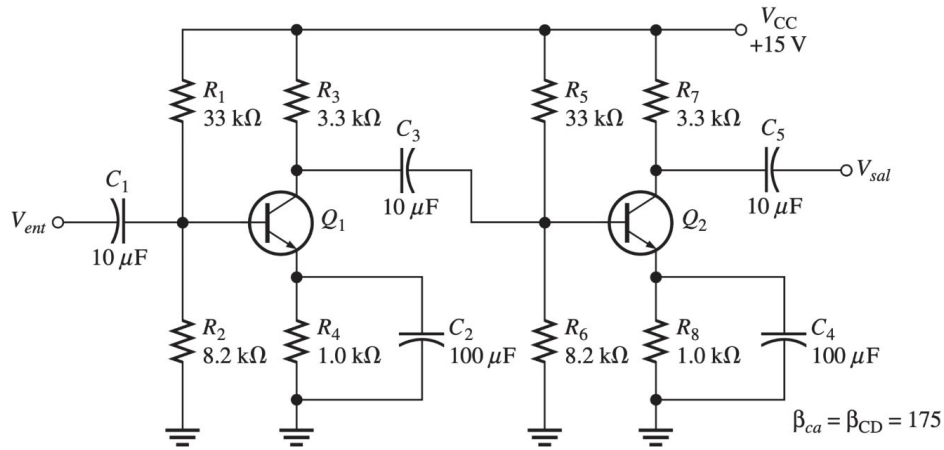
# Amplificadores multietapas o en cascada



## Consideraciones:

1. Para el análisis de CC se quitan los capacitores y se aíslan los circuitos.
2. Para el análisis de CA se consideran los capacitores como corto circuitos y se toman los modelos híbridos de cada transistor.
3. La ganancia dependerá de la multiplicación de los betas de los transistores.

# Practiquemos



Determinar:

1.  $I_{cq}$  y  $V_{ceq}$  para cada etapa.
2. Trazar las rectas de carga.
3. Ganancia de tensión total.

( Acoplar carga  $R_L$  de 18 k $\Omega$  y tomar un  $h_{ie1}$  y  $h_{ie2} = 2$  k $\Omega$ )