

Clase 06

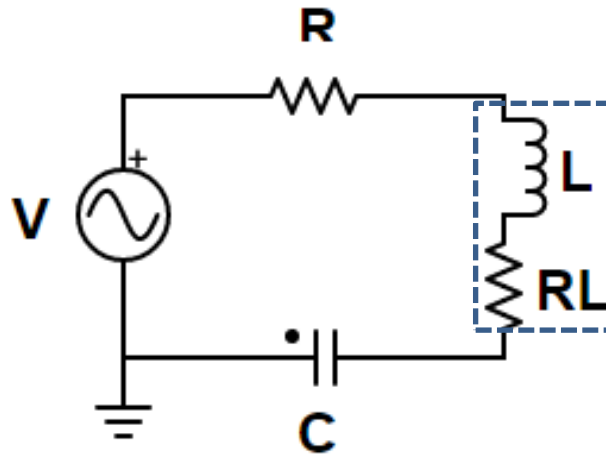
Circuitos RLC

Laboratorio de física 2 para químicos

1) Explicación teórica

a) Circuito RLC serie

-Se tiene un circuito compuesto por un capacitor C, una inductancia L y una resistencia R conectados en serie a un generador de funciones, como se muestra en la figura:



Observación: si R_L es de un valor considerable, se debe sumar a la R del circuito.

-Aplicando las leyes de Kirchhoff al circuito:

$$V = V_R + V_C + V_L = iR + \frac{q}{C} + L \frac{di}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{dV}{dt} = R \frac{di}{dt} + L \frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{i}{C}$$

1) Explicación teórica

a) Circuito RLC serie

-Si el circuito es alimentado por una fuente de tensión armónica:

$$V(t) = V_0 \text{sen}(\omega t) \quad \longrightarrow \quad I(t) = I_0 \text{sen}(\omega t + \varphi)$$

Donde $\omega = 2\pi f$ y f es la frecuencia suministrada por el generador.

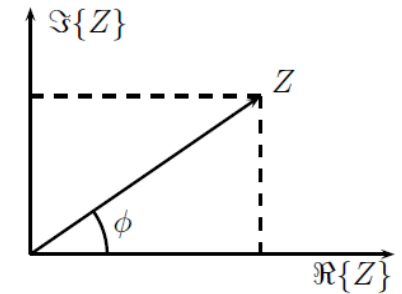
-La impedancia del circuito es:

$$Z = Z_R + Z_L + Z_C = R + j\omega L + \frac{j}{\omega C}$$

Donde j es la unidad imaginaria ($j^2 = -1$).

-Módulo de la impedancia: $|Z|^2 = R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2$

-Tangente del ángulo de desfasaje: $\text{tg}(\varphi) = \frac{\text{Im}(Z)}{\text{Re}(Z)} = \frac{(\omega L - 1/\omega C)}{R}$



Representación Z en el plano complejo.

-Planteando la ley de ohm: $V = I Z = I [R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})]$

$$\longrightarrow |I| = \frac{|V|}{[R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2]^{1/2}}$$

Para $\omega \rightarrow 0$: $X_C = 1/\omega C \rightarrow \infty$, en consecuencia: $|I| \rightarrow 0$
 Para $\omega \rightarrow \infty$: $X_L = \omega L \rightarrow \infty$, en consecuencia: $|I| \rightarrow 0$

1) Explicación teórica

a) Circuito RLC serie

-Para este circuito puede verificarse que:

- Si φ (ángulo de desfase entre I y V) $> 0 \rightarrow$ Circuito capacitivo
- Si $\varphi < 0 \rightarrow$ Circuito inductivo
- Si $\varphi = 0 \rightarrow$ Circuito resistivo \rightarrow V e I están en fase



$$\text{Im}(Z) = 0 \Rightarrow \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$$

Condición que se cumple para la *frecuencia de resonancia*, ω_0 :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \Rightarrow \quad |I|_{\text{max}} = |V|/R$$

-De esta forma se puede definir:

- Ancho de banda: $\Delta\omega = \frac{R}{L} \Rightarrow$ intervalo de frecuencias para el que la **potencia** disipada cae a la mitad de la máxima

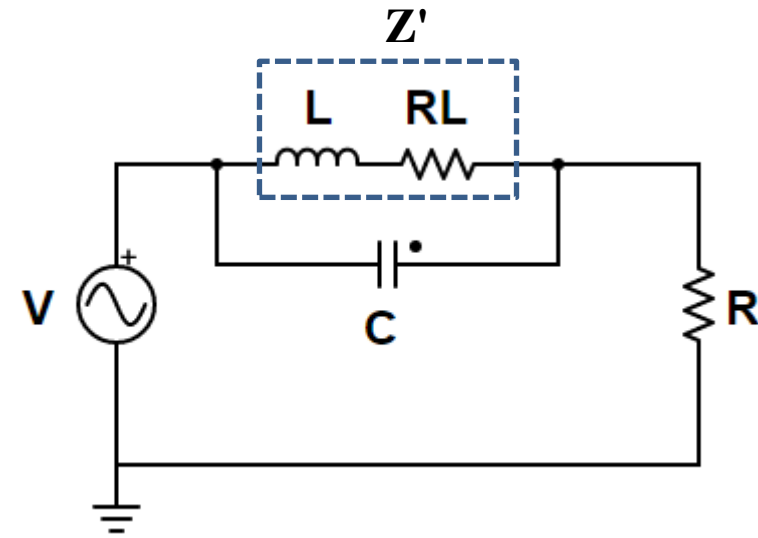
- Factor de calidad o factor de mérito: $Q = \frac{\omega_0 L}{R} \Rightarrow$ $Q \equiv \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \omega_0 \frac{L}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$

1) Explicación teórica

b) Circuito RLC paralelo

- Se tiene un circuito de la figura.
- La impedancia de este circuito viene dada por la impedancia del paralelo L y C , llamada Z' , y a su vez en serie con la impedancia de la resistencia R.

$$\frac{1}{Z'} = \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_L + R_L} \quad \Rightarrow \quad Z' = \frac{(R_L + j\omega L)\left(\frac{-j}{\omega C}\right)}{R_L + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}$$



- Para la condición de resonancia se tiene que:

$$\omega_{0\parallel} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{1 - R_L^2 \frac{C}{L}} = \omega_0 \sqrt{1 - Q^{-2}}$$

Donde $\omega_0 = 1/(LC)^{1/2}$ es la frecuencia de resonancia del circuito RLC serie y Q el factor de mérito.
 $\omega_{0\parallel}$ no depende de R.

2) Objetivos de la práctica

- Encontrar la frecuencia de resonancia, el factor de mérito y el ancho de banda para un circuito RLC serie y paralelo y comparar.
- En el caso de RLC serie, estudiar el desfase en función de la frecuencia del generador.
- Estudiar la transferencia en función de la frecuencia para un filtro pasabanda o para uno eliminabanda.

3) Arreglo experimental:

a) RLC serie

- Para estudiar su comportamiento del RLC serie:
 - Cargar el archivo “RLC_Serie.txt” en el applet: <https://www.falstad.com/circuit/>
 - Graficar P en función de la frecuencia, ω .
 - Marcar en el gráfico ω_0 y el ancho de banda $\Delta\omega$.
 - Hallar la frecuencia de resonancia ω_0 y el factor de mérito Q .
 - Medir y graficar el desfase φ (ángulo de desfase entre las curvas I(t) y V(t)) en función de la frecuencia.
 - Repetir la medición y análisis para otro valor de R.

Observación: la potencia disipada por el circuito es $P(\omega) = (|I|^2 R)/2$

3) Arreglo experimental:

a) RLC paralelo

-Para estudiar su comportamiento del RLC paralelo:

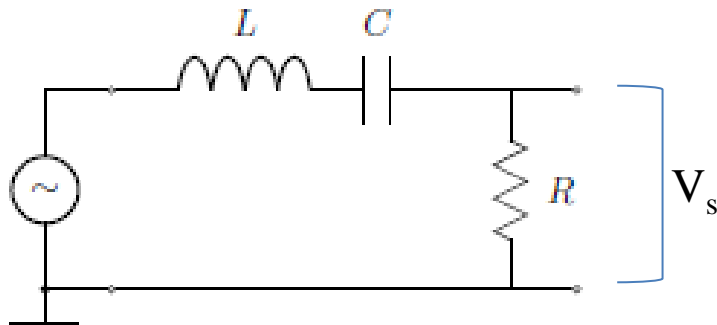
- Cargar el archivo “RLC_Paralelo.txt” en el applet: <https://www.falstad.com/circuit/>
- Repetir las mediciones para el caso en serie (P vs ω).
- Halla la *frecuencia de antirresonancia* $\omega_{0||}$ y marcarla en el gráfico.
- Calcular el ancho de banda y el factor de mérito y comparar con el caso anterior.

3) Arreglo experimental:

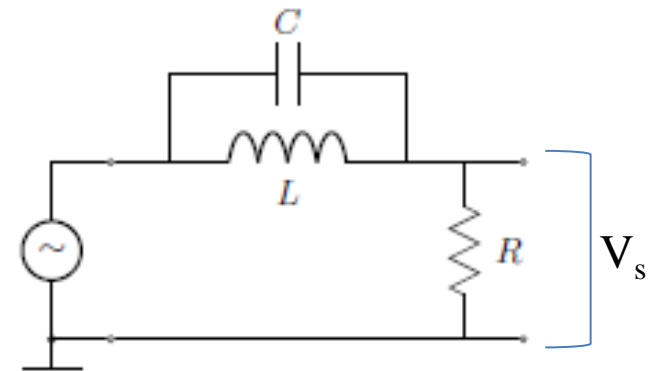
c) Filtro pasabanda y eliminabanda

-Elija alguno de los dos circuitos anteriores (RLC serie o RLC paralelo con $R_L = 0$) y estudie la Transferecia ($|T| = |V_s/V|$) vs ω/ω_0 , donde V_s se mide como la caída de tensión en la R y $\omega_0 = 1/(LC)^{1/2}$

RLC serie:



RLC paralelo:



-Se puede comprobar que los circuitos se comportan como un filtro pasabanda y eliminabanda, respectivamente.

Pausa

Volvemos en 10 min

Armado de salas de trabajo con Zoom en grupos de 2/3 personas

Subir figuras a:

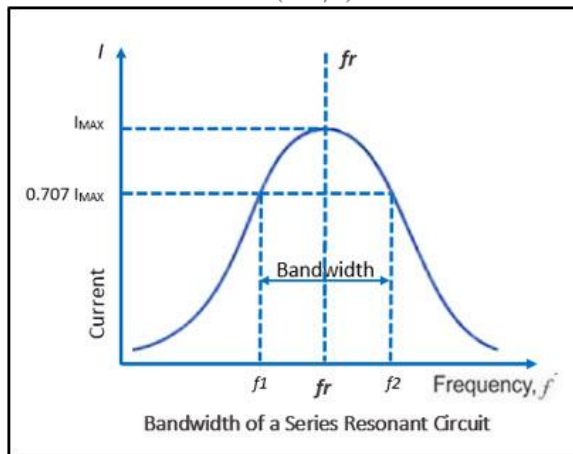
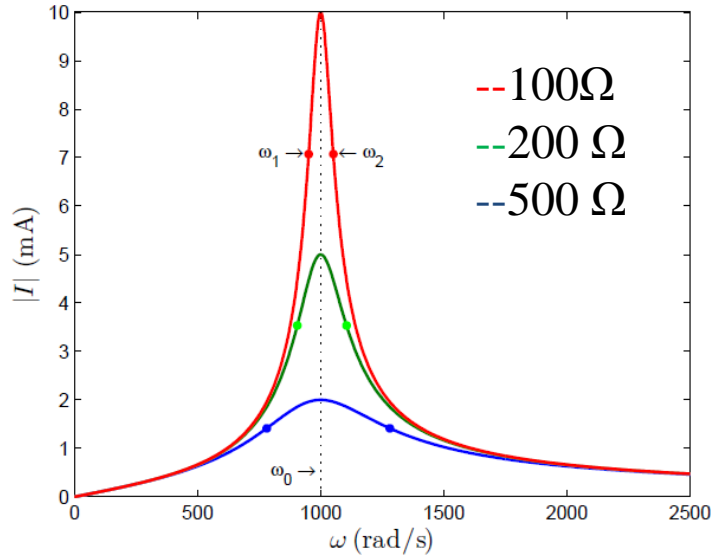
<https://docs.google.com/document/d/17an43yDvz0p7m8oOLZVHD9tNL0TOdxZcY-alGPem7Gc/edit?usp=sharing>

Trabajo en salas por 40 min

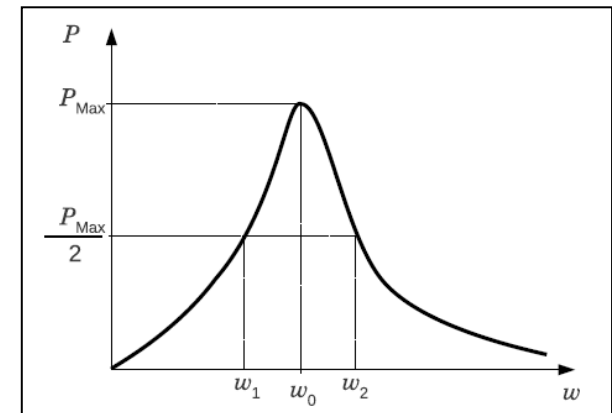
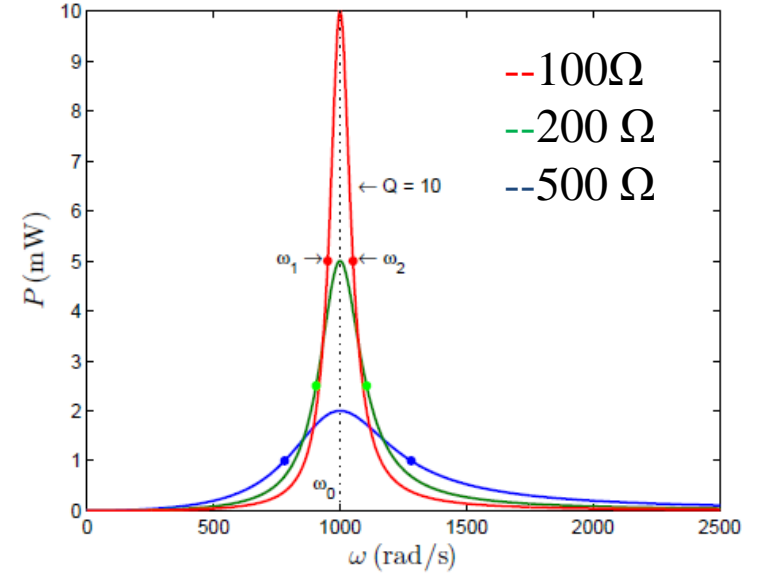
4) Algunos resultados y análisis

a) RLC serie

-Gráfico $I(\omega)$:



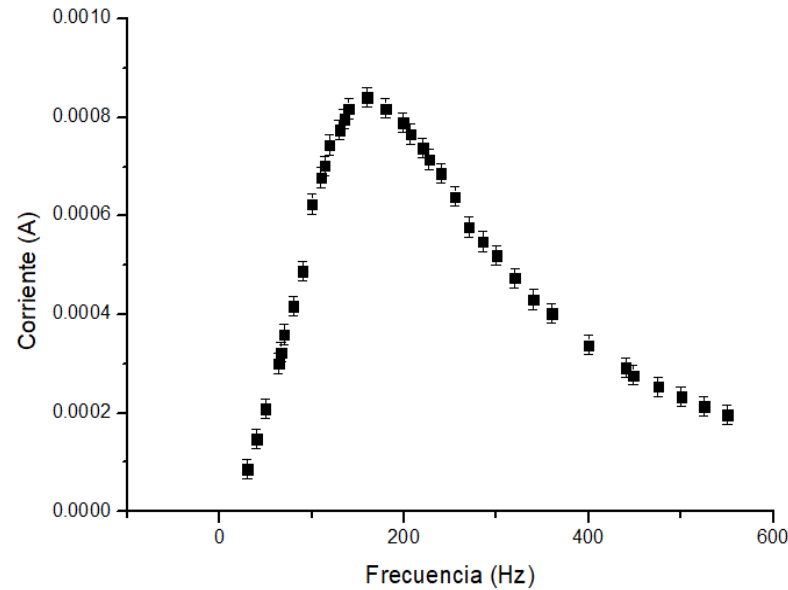
-Gráfico $P(\omega)$:



4) Algunos resultados y análisis

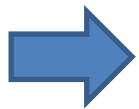
a) RLC serie

-Ejemplo de $I(\omega)$ medido:



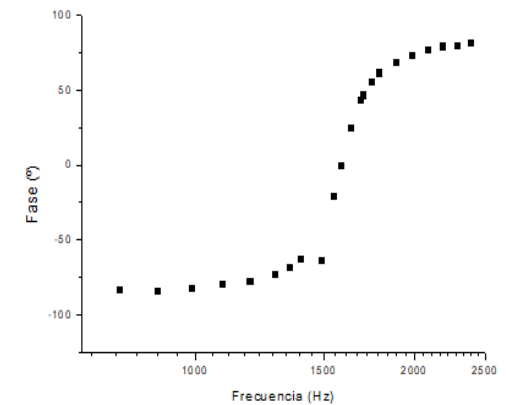
Desfasaje:

-El circuito estará en resonancia cuando la I que ingresa está en fase con la V que se aplica



Para ω_0 , $\varphi=0$

-Ejemplo de $\varphi(\omega)$ medido:



Observación: Ver los Anexo I (apuntes del Profesor César Moreno).

4) Algunos resultados y análisis

a) RLC serie

-Para hallar la frecuencia de resonancia y el factor de mérito usar las ecuaciones:

$$\boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}} \quad \text{y} \quad \boxed{Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}}$$

-El factor de mérito mide la selectividad del circuito para disipar potencia:

Si $Q \rightarrow \infty$, $P(\omega)$ se estrecha en torno a ω_0  El circuito disipa potencia en un rango pequeño de frecuencias.

Si $Q \rightarrow 0$, $P(\omega)$ se ensancha en torno a ω_0  El circuito disipa potencia en un rango amplio de frecuencias.

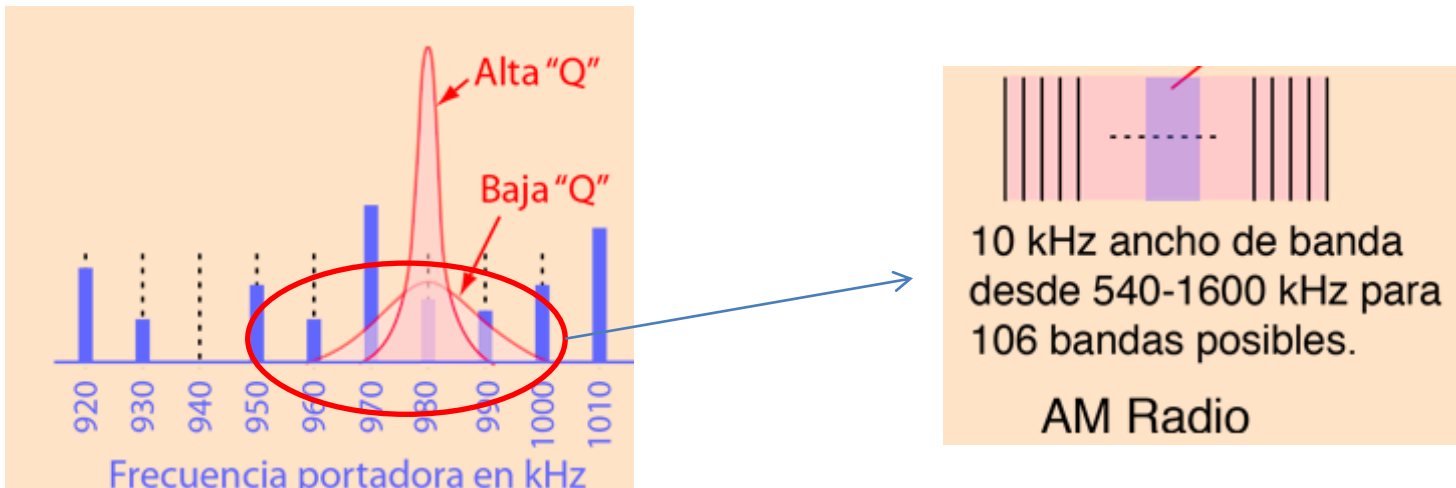
En general, un circuito con menor ancho de banda (mayor Q), será mejor que otro con más ancho.

Observación: Ver los Anexo I (apuntes del Profesor César Moreno).

4) Algunos resultados y análisis

a) RLC serie

Comentario: La selección de las estaciones de radio AM en los receptores de radio, es un ejemplo de la aplicación de la resonancia en los circuitos.

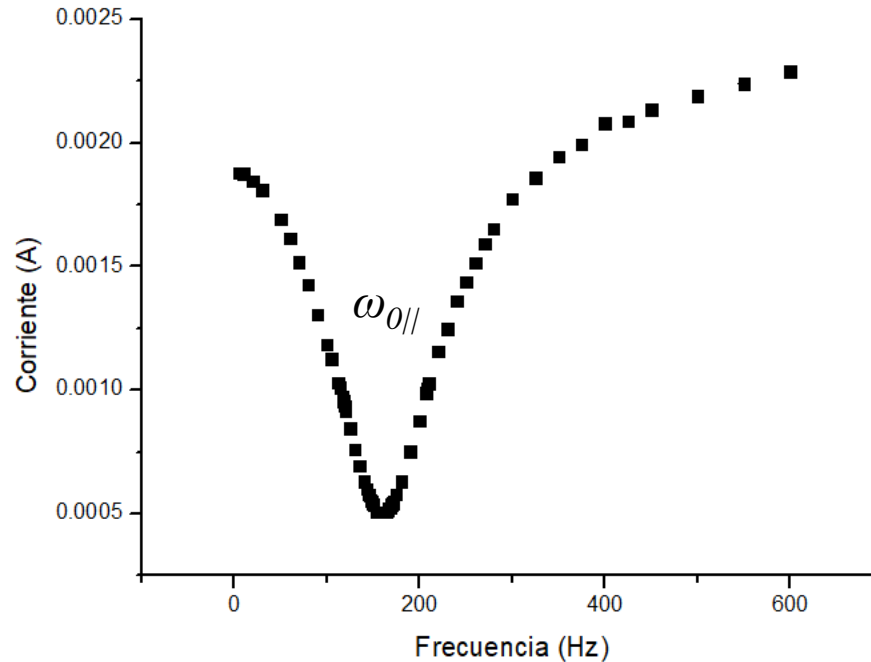


<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/serres.html>

4) Algunos resultados y análisis

b) RLC paralelo

-Gráfico $I(\omega)$:



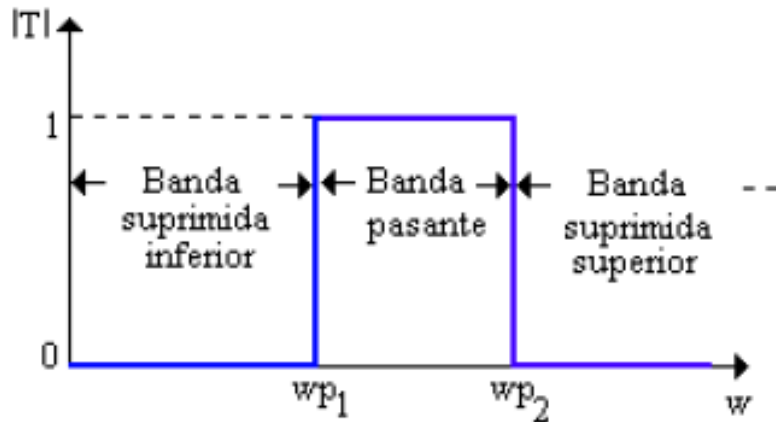
-Comentario: la impedancia de un circuito RLC paralelo en resonancia puede ser infinita o ilimitada, si se da el caso que $R_L \ll (L/C)^{1/2}$ por lo que casi no se tendría I circulando.

$$|Z'(\omega_{0//})| = Q^2 R_L = L / (R_L C)$$

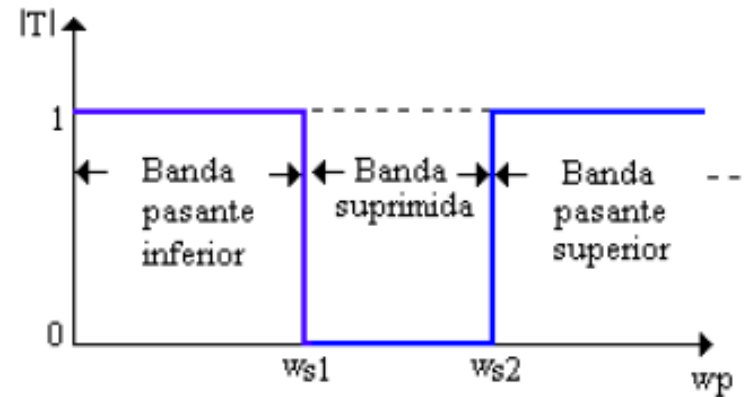
4) Algunos resultados y análisis

c) Filtro pasabanda y eliminabanda

-Estos filtros son filtros de segundo orden y hay muchas variantes de armarlos, pero la idea es que un caso deje pasar un rango de frecuencias y en el otro elimine un rango de frecuencias seleccionados.



(c) *banda pasante*



(d) *Banda suprimida (BS)*

<http://dea.unsj.edu.ar/sredes/filtrosactivos.pdf>