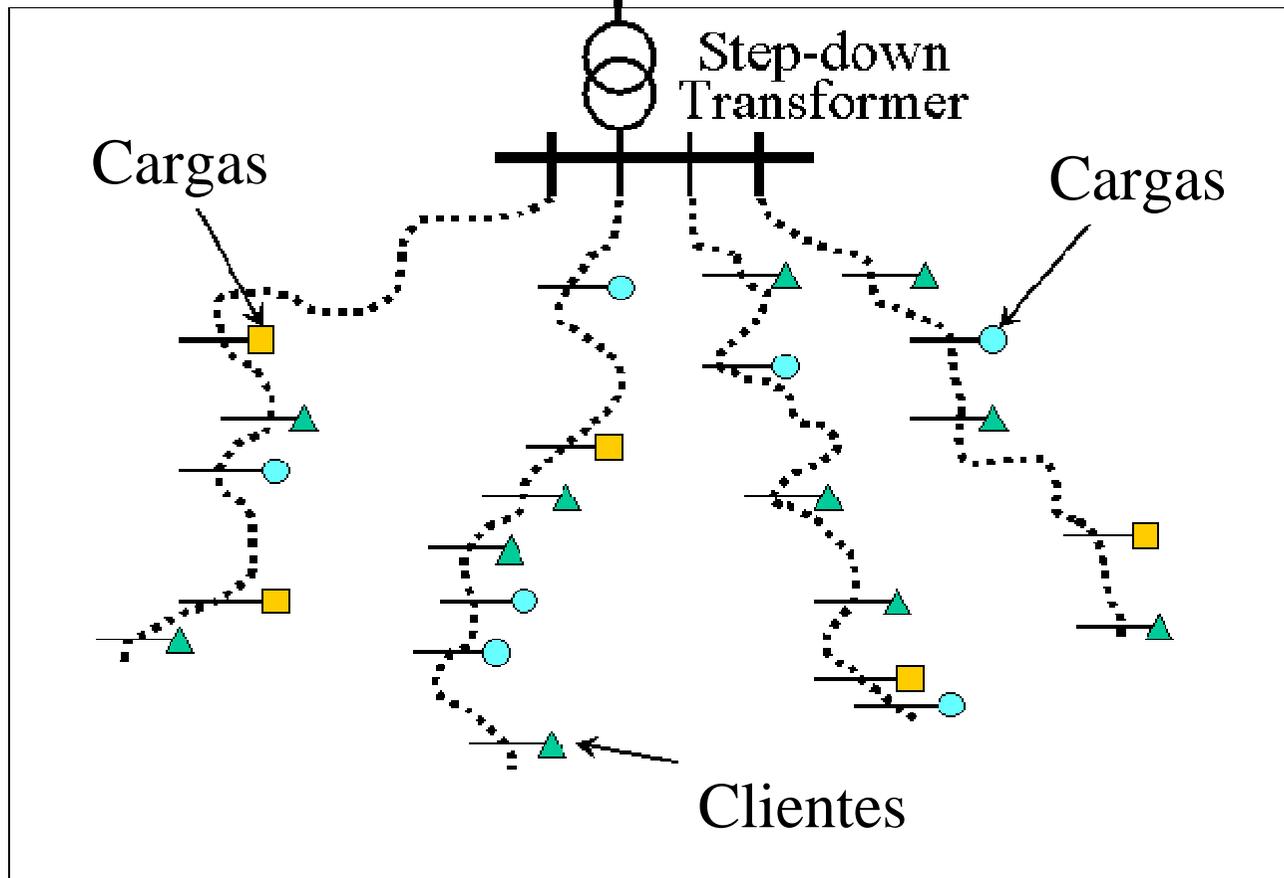
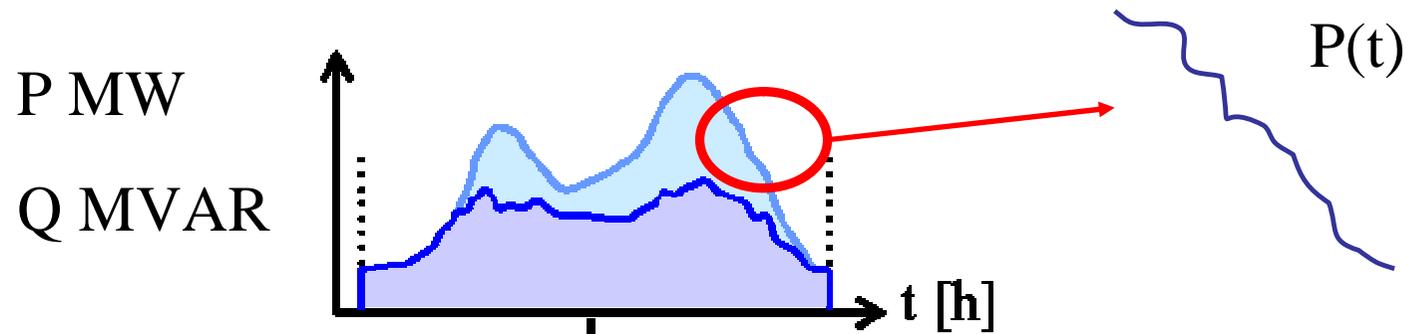


# **EM 737 FENOMENOS DINAMICOS DE REDES ELECTRICAS**

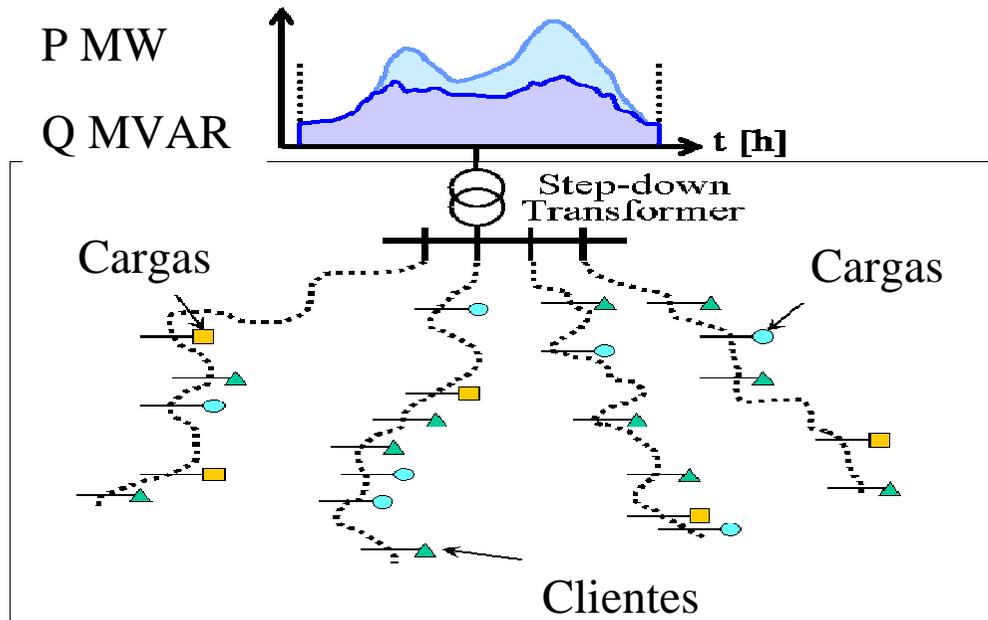
## **MODELOS DE CARGA**

**LUIS VARGAS**

# MODELOS DE CARGA



# MODELOS DE CARGA

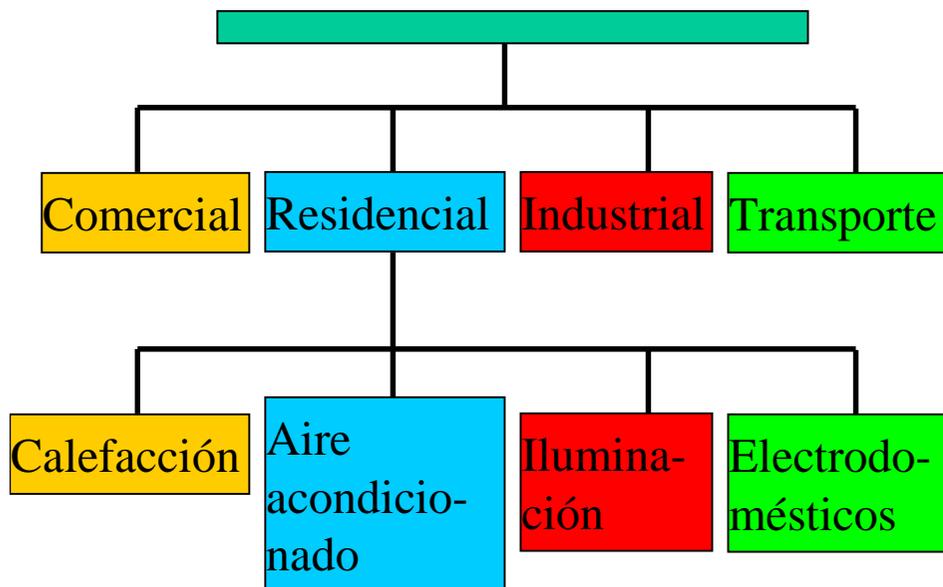


- Clase. Tipo general de carga por actividad económica: Residencial, comercial. Industrial, transporte

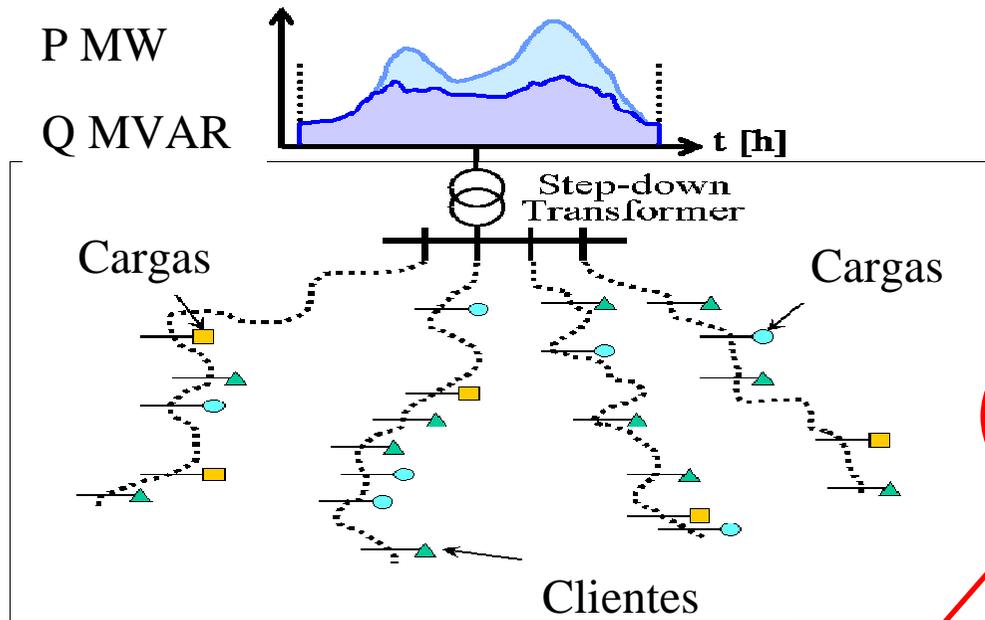
- Composición de clase. Composición agregada de clase de un alimentador o SS/EE.

- Componente. Componentes físicos: calentadores, tubos fluorescentes, motores de inducción, etc.

- Composición de carga. Composición agregada de componentes de un alimentador o SS/EE.



# MODELOS DE CARGA

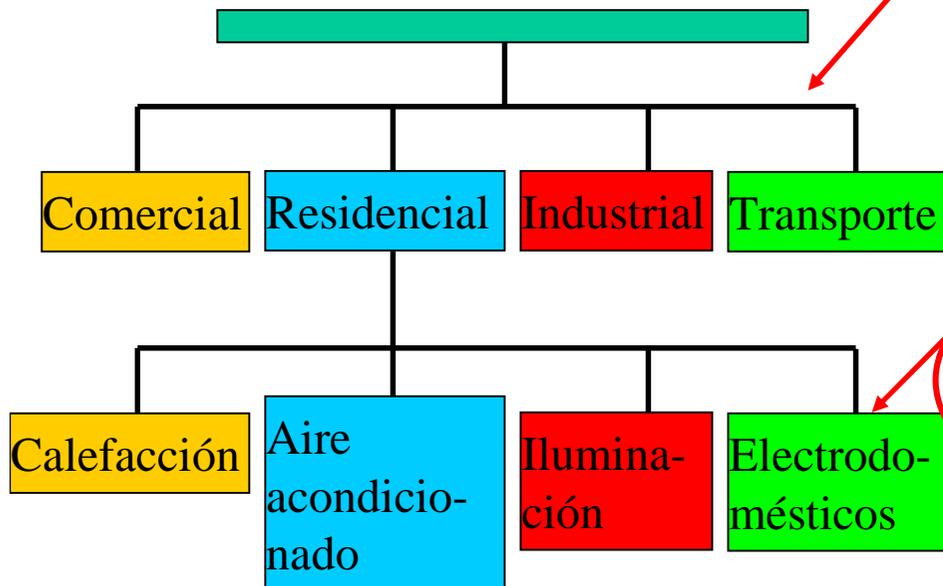


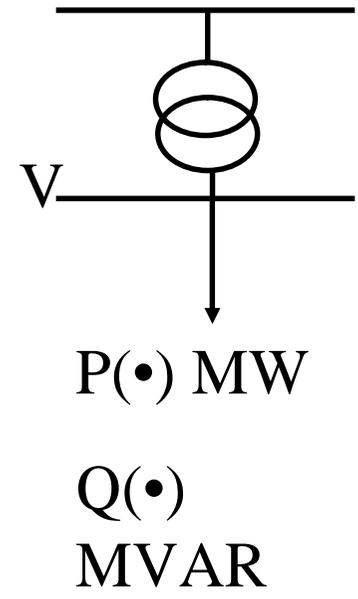
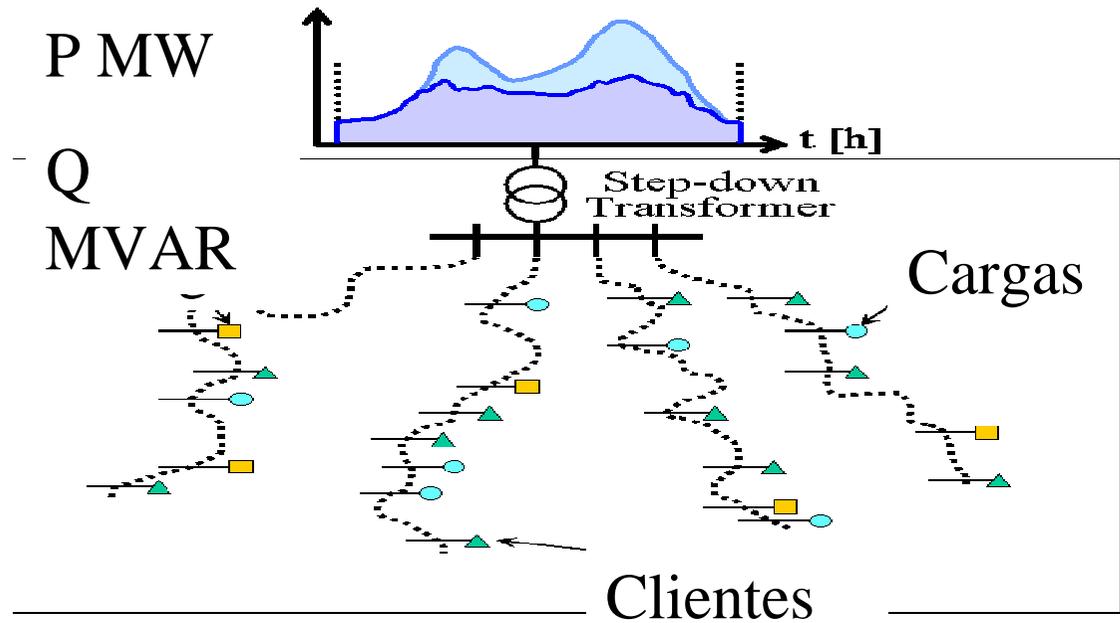
- Clase. Tipo general de carga por actividad económica: Residencial, comercial, Industrial, transporte

- Composición de clase. Composición agregada de clase de un alimentador o SS/EE.

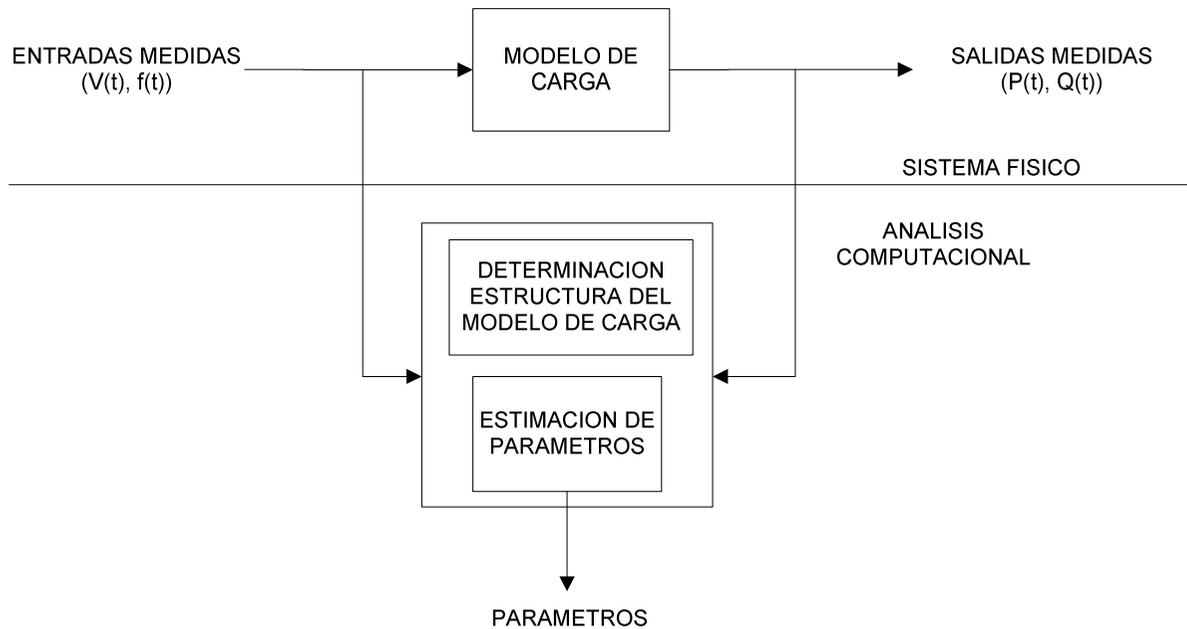
- Componente. Componentes físicos: calentadores, tubos fluorescentes, motores de inducción, etc.

- Composición de carga. Composición agregada de componentes de un alimentador o SS/EE.





DESARROLLO DE UN MODELO DE CARGA

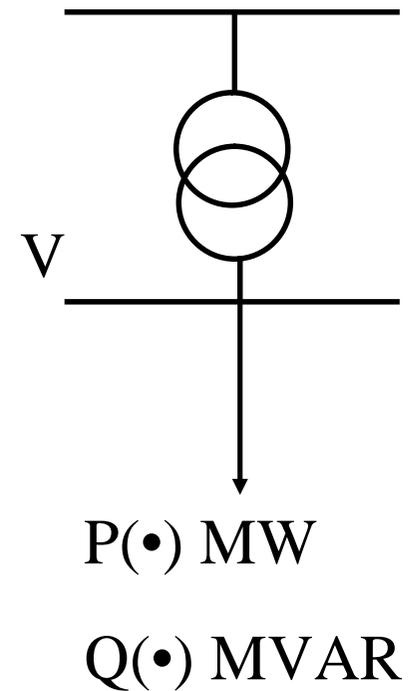
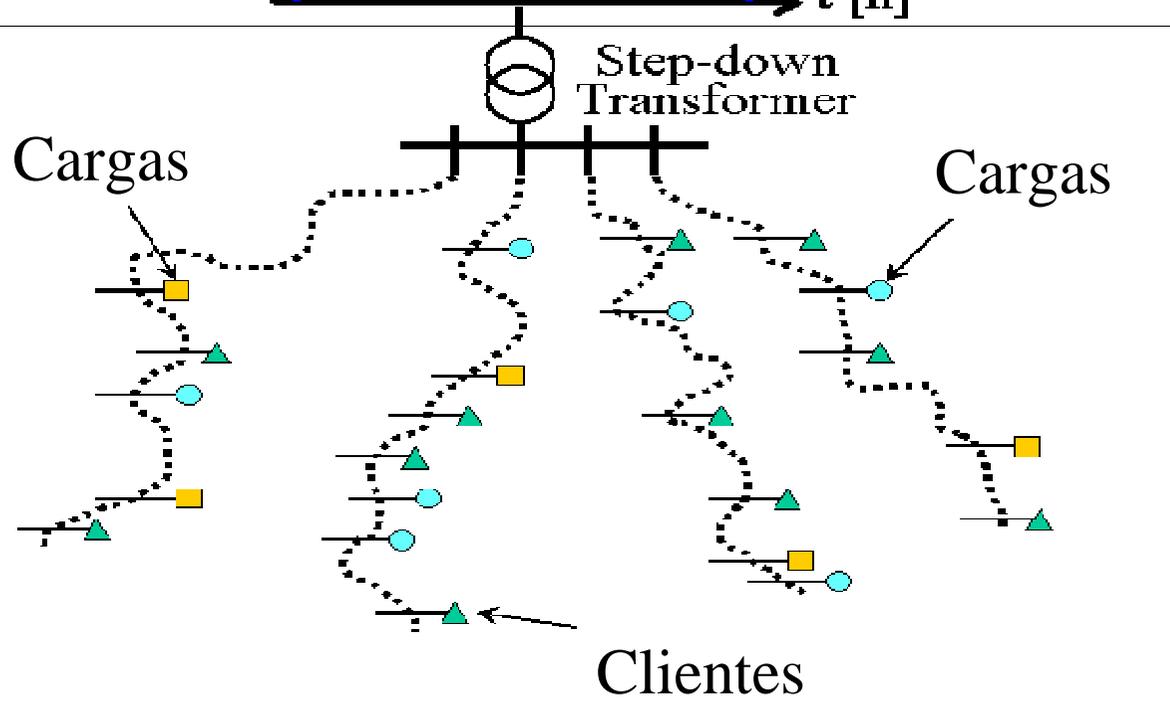
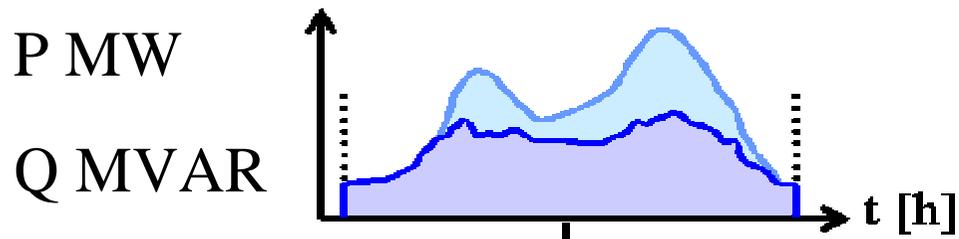


**Modelos:  
el desafío  
práctico**

# Dos Clases de Modelos:

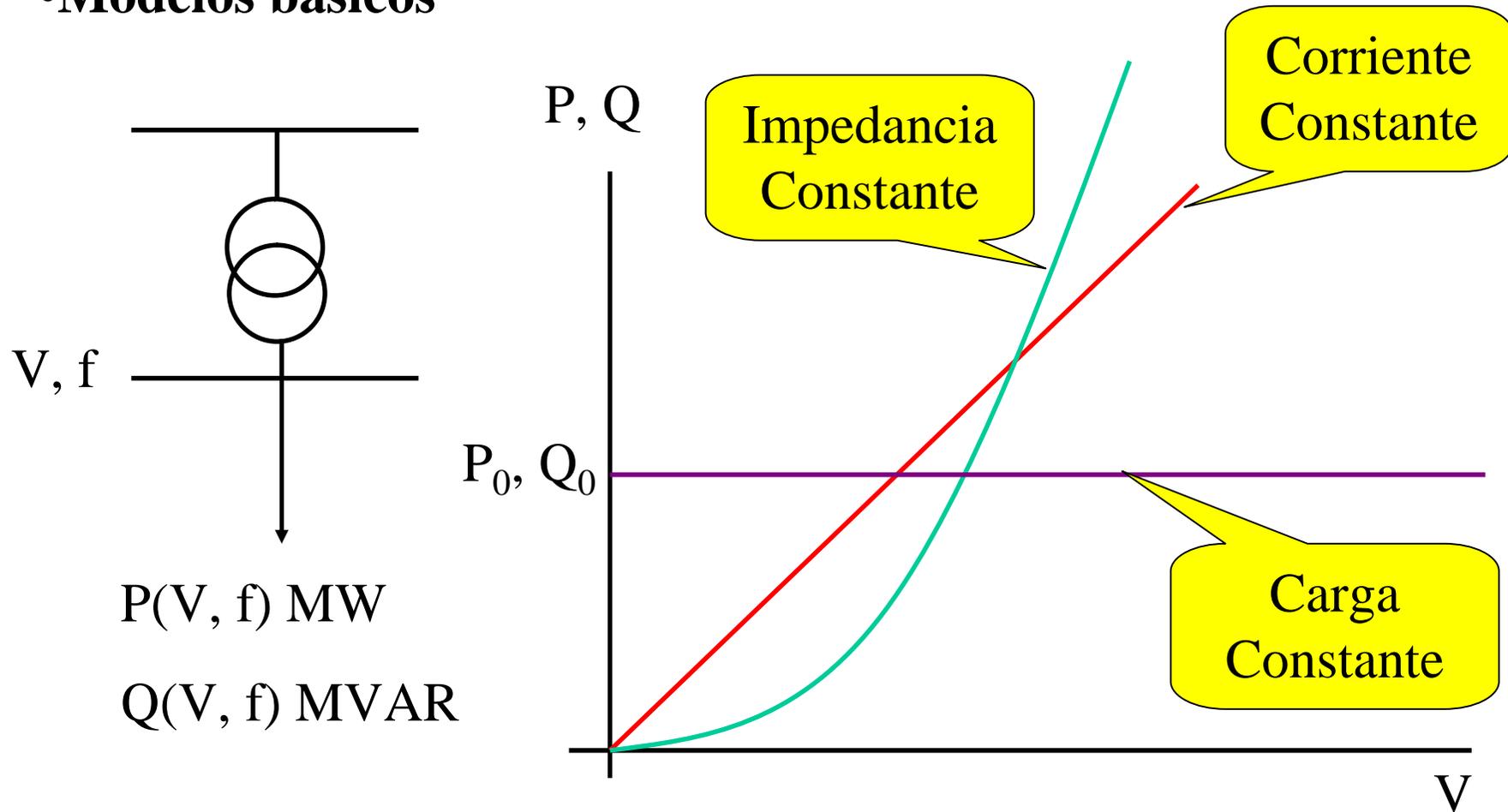
**1. Estáticos:**  $P = P(P_o, Q_o, V_o, f_o, V, f)$      $Q = Q(P_o, Q_o, V_o, f_o, V, f)$

**2. Dinámicos:**  $f\left(\frac{\partial^n P}{\partial t^n}, \dots, \frac{\partial P}{\partial t}, P, \frac{\partial^m V}{\partial t^m}, \dots, \frac{\partial V}{\partial t}, V\right) = 0$      $f\left(\frac{\partial^r Q}{\partial t^r}, \dots, \frac{\partial Q}{\partial t}, P, \frac{\partial^s V}{\partial t^s}, \dots, \frac{\partial V}{\partial t}, V\right) = 0$



# Modelos estáticos. Se usan en Flujos de Potencia, Estabilidad, Despacho, Predespacho, etc.

## • Modelos básicos



## • Modelo Polinomial: Combinación lineal de tres básicos

• **Modelo Exponencial**

$$P = P_o \left( \frac{V}{V_o} \right)^\alpha \quad Q = Q_o \left( \frac{V}{V_o} \right)^\beta$$

	$\alpha$	$\beta$
<b>Aire Acondicionado</b>	<b>0.5</b>	<b>2.5</b>
<b>Cargador de Batería</b>	<b>2.59</b>	<b>4.06</b>
<b>Fluorescente</b>	<b>2.07</b>	<b>3.21</b>
<b>Fluorescente Electrónico</b>	<b>0.95 – 1.03</b>	<b>0.31 – 0.46</b>

•**Dependencia de la frecuencia**

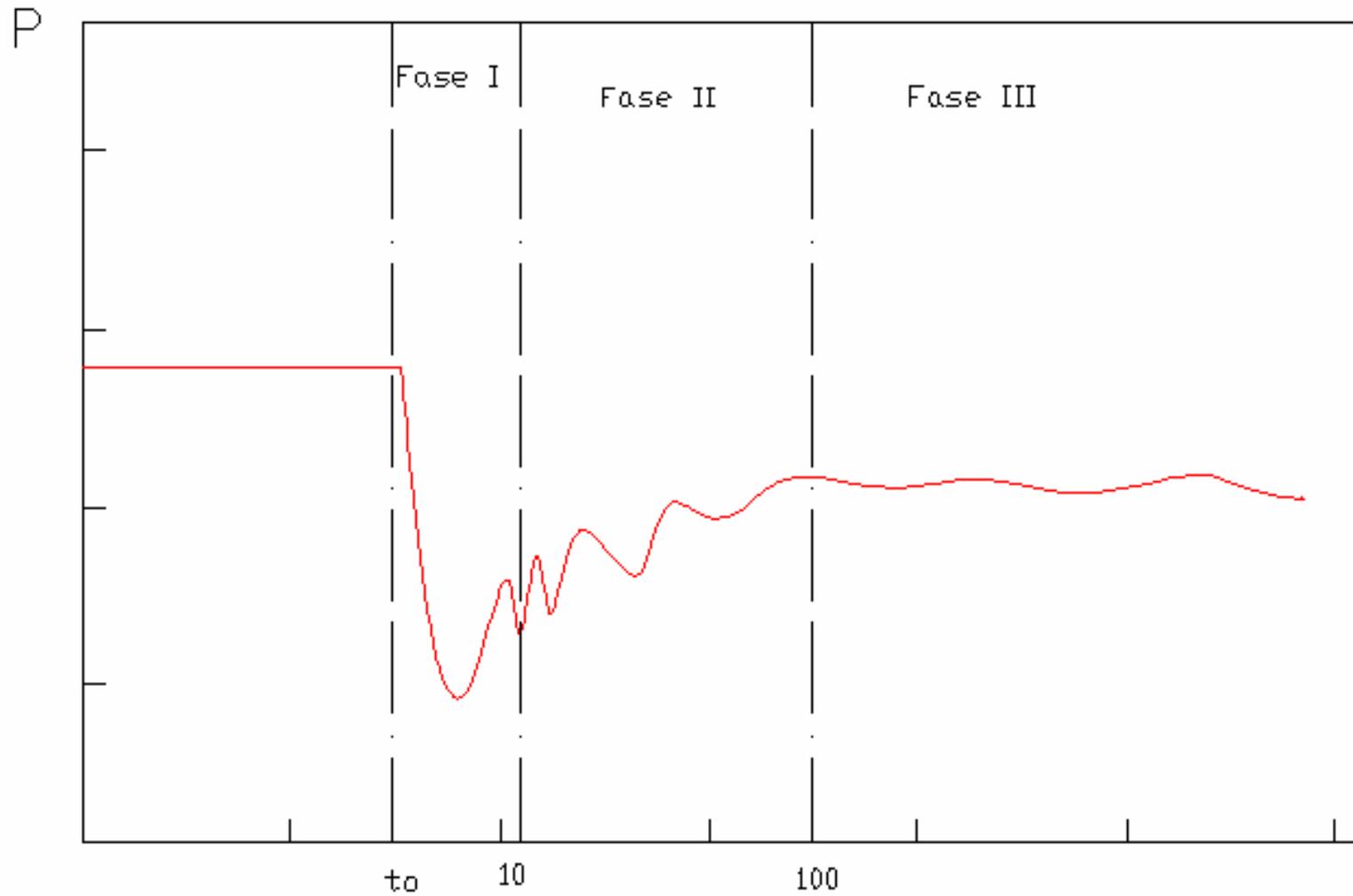
$$P = P_o \left( \frac{V}{V_o} \right)^\alpha (1 + af(f - fo))$$

$$Q = Q_o \left( \frac{V}{V_o} \right)^\beta (1 + af(f - fo))$$

<b>RESIDENTIAL:</b>	<b>p.f</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>Kpf</b>	<b>Kqf</b>
<b>Elec. Heating Northeast</b>					
Summer	.90	1.2	2.7	.7	-2.3
Winter	.99	1.7	2.6	1.0	-1.7
<b>North-Central</b>					
Summer	.90	1.1	2.6	.8	-2.3
Winter	.99	1.7	2.6	1.0	-1.7
<b>South</b>					
Summer	.87	.9	2.4	.9	-2.1
Winter	.97	1.5	2.5	.9	-1.8
<b>West</b>					
Summer	.92	1.3	2.7	.8	-2.2
Winter	.99	1.7	2.5	1.0	-1.5
<b>Non-Elec. Heating</b>					
<b>Northeast</b>					
Summer	.91	1.2	2.8	.7	-2.3
Winter	.93	1.6	3.1	.7	-1.9
<b>North-Central</b>					
Summer	.91	1.3	2.8	.7	-2.2
Winter	.96	1.5	3.0	.8	-1.7
<b>South</b>					
Summer	.89	1.1	2.5	.9	-2.0
Winter	.97	1.6	2.9	.8	-1.6
<b>West</b>					
Summer	.94	1.4	2.9	.7	-2.1
Winter	.97	1.5	2.8	.9	-1.3
<b>COMERCIAL</b>					
<b>Elec. Heating Northeast</b>					
Summer	.85	.5	2.5	1.2	-1.6
Winter	.90	.6	2.5	1.5	-1.1
<b>Non-Elec. Heating</b>					
Summer	.87	.7	2.5	1.3	-1.9
Winter	.90	.8	2.4	1.7	-0.9
<b>INDUSTRIAL</b>					
PRIMARY ALUMINUM	.90	1.8	2.2	-0.3	.6
STEEL MILL	.83	.6	2.0	1.5	.6
POWER PLANT AUX	.80	.1	1.6	2.9	1.8
AGRICULTURAL PUMPS.	.85	1.4	1.4	5.6	4.2

Source: IEEE Task Force on Load Representation for Dynamic Performance, "Load Representation for Dynamic Performance Analysis", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, No.2, May 1993, pp. 472-481.

# Modelos Dinámicos de carga



Respuesta a un escalón de voltaje

$$\tau_p \frac{\partial P}{\partial t} + P = P_\infty$$

### condiciones iniciales

$$P(t = t_0) = KP_0$$

$K$  da cuenta del descenso inicial (primera fase)

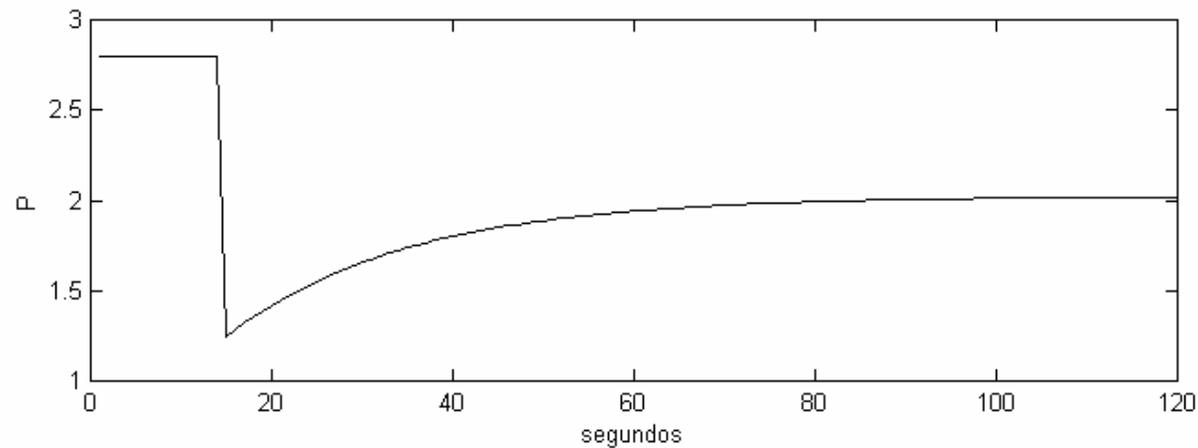
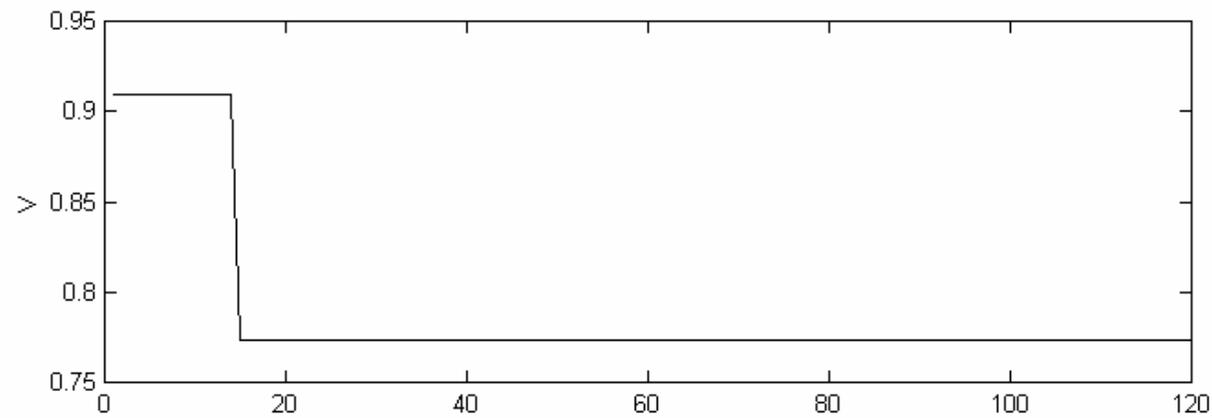
$\tau_p$  es la constante de tiempo de la carga que da cuenta del período de recuperación (segunda fase)

$P_\infty$  son los valores de potencia en la carga cuando se alcanza el régimen permanente (tercera fase).

Solución

$$P(t) = P_0 \left( \frac{V}{V_0} \right)^\alpha + P_0 \left( K - \left( \frac{V}{V_0} \right)^\alpha \right) e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau_p}}$$

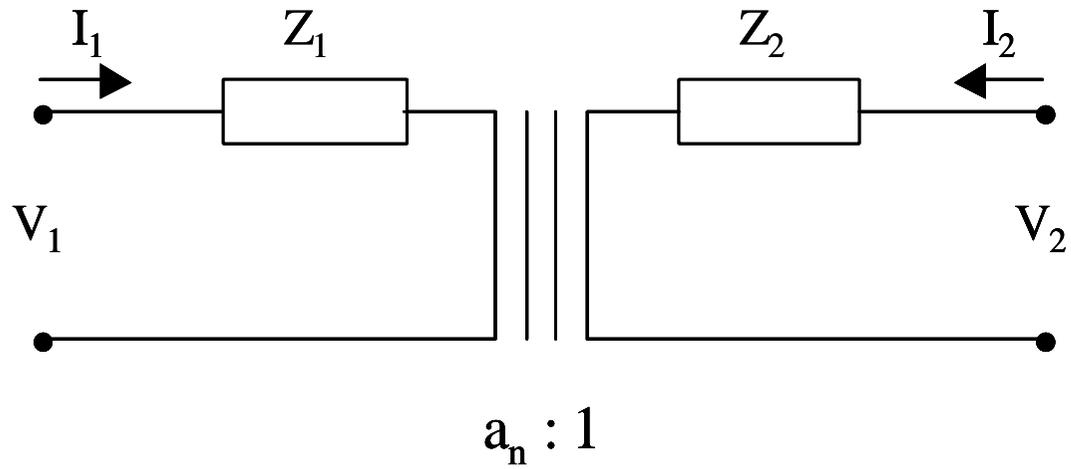
$$K = 1 + \Delta V$$



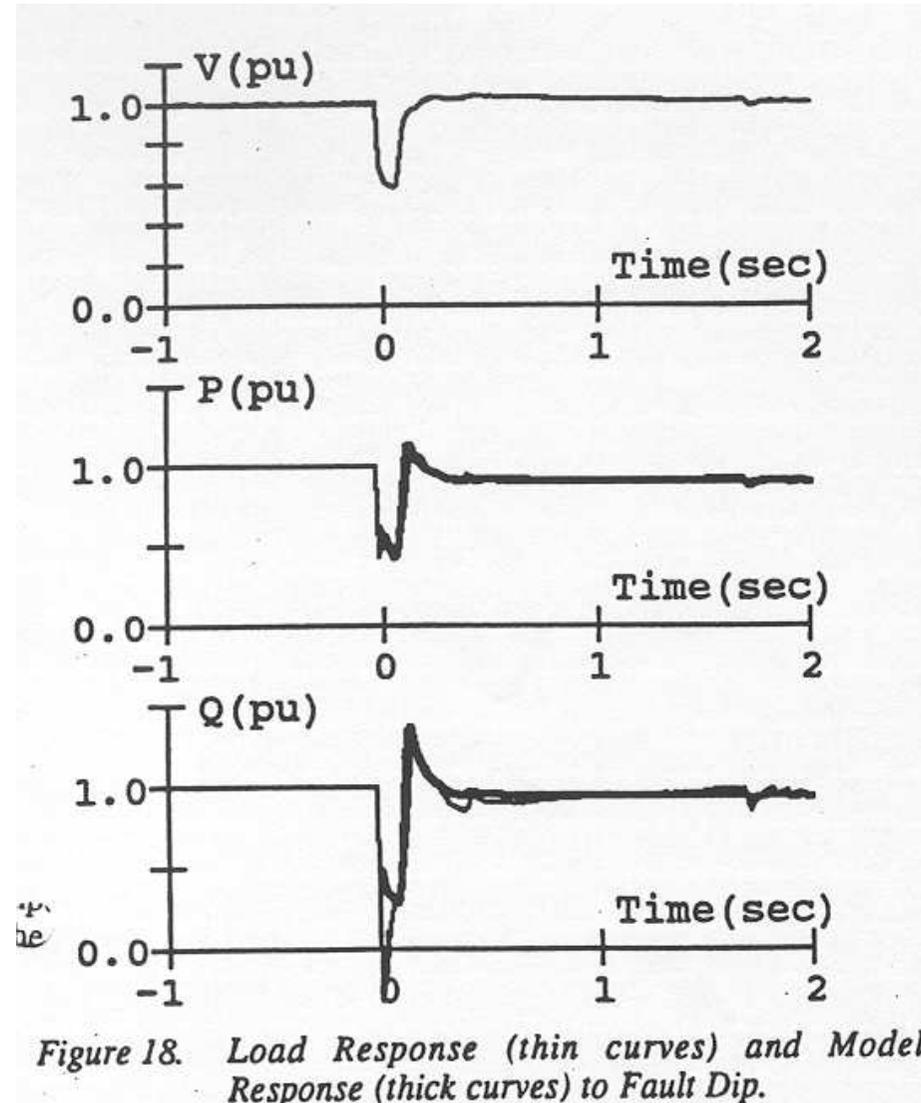
## Modelos dinámicos por dispositivo

- Motores de inducción
- Motores sincrónicos
- Efecto de los transformadores

# Efecto de los transformadores con OLTC



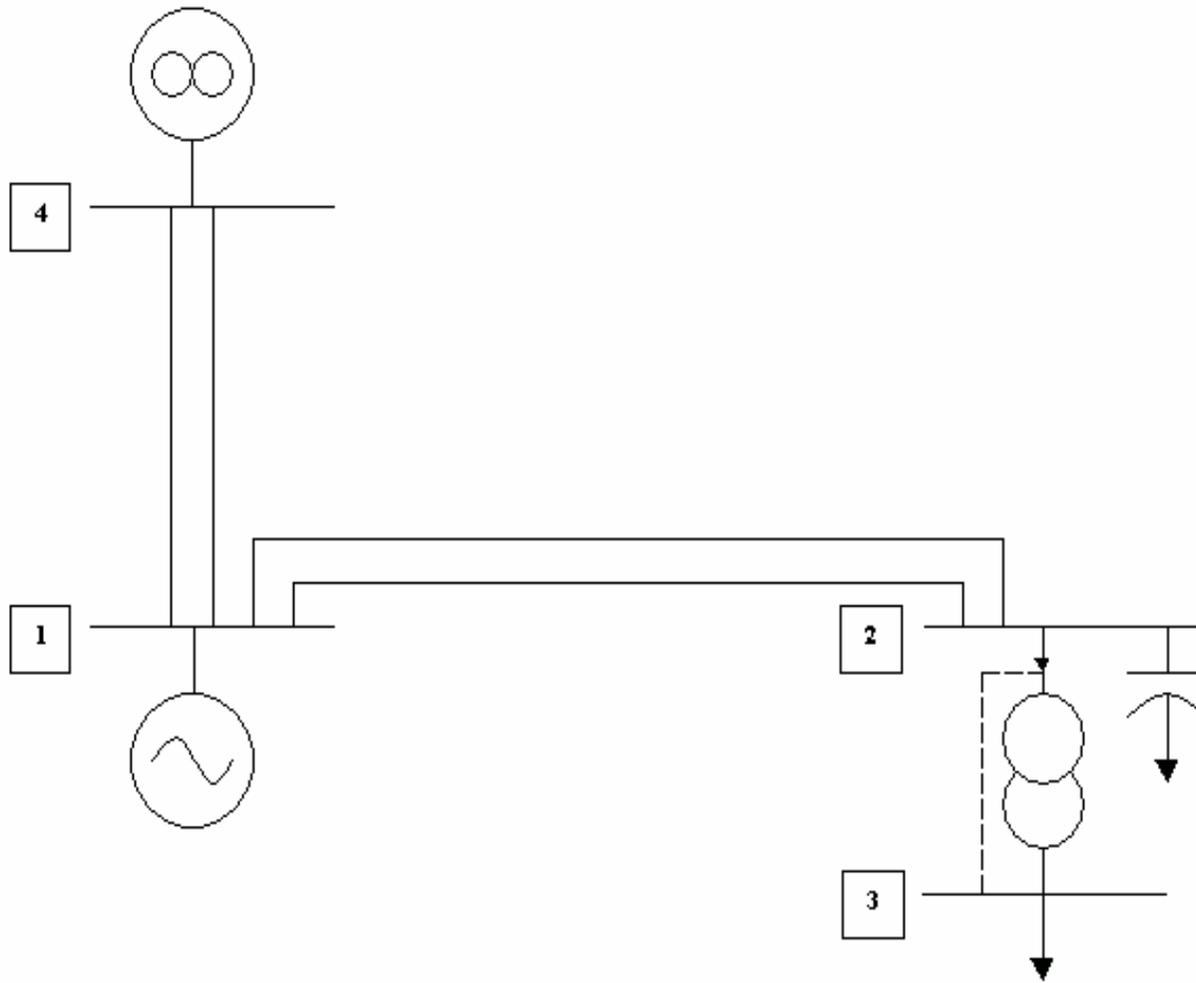
# Efecto de los transformadores con OLTC

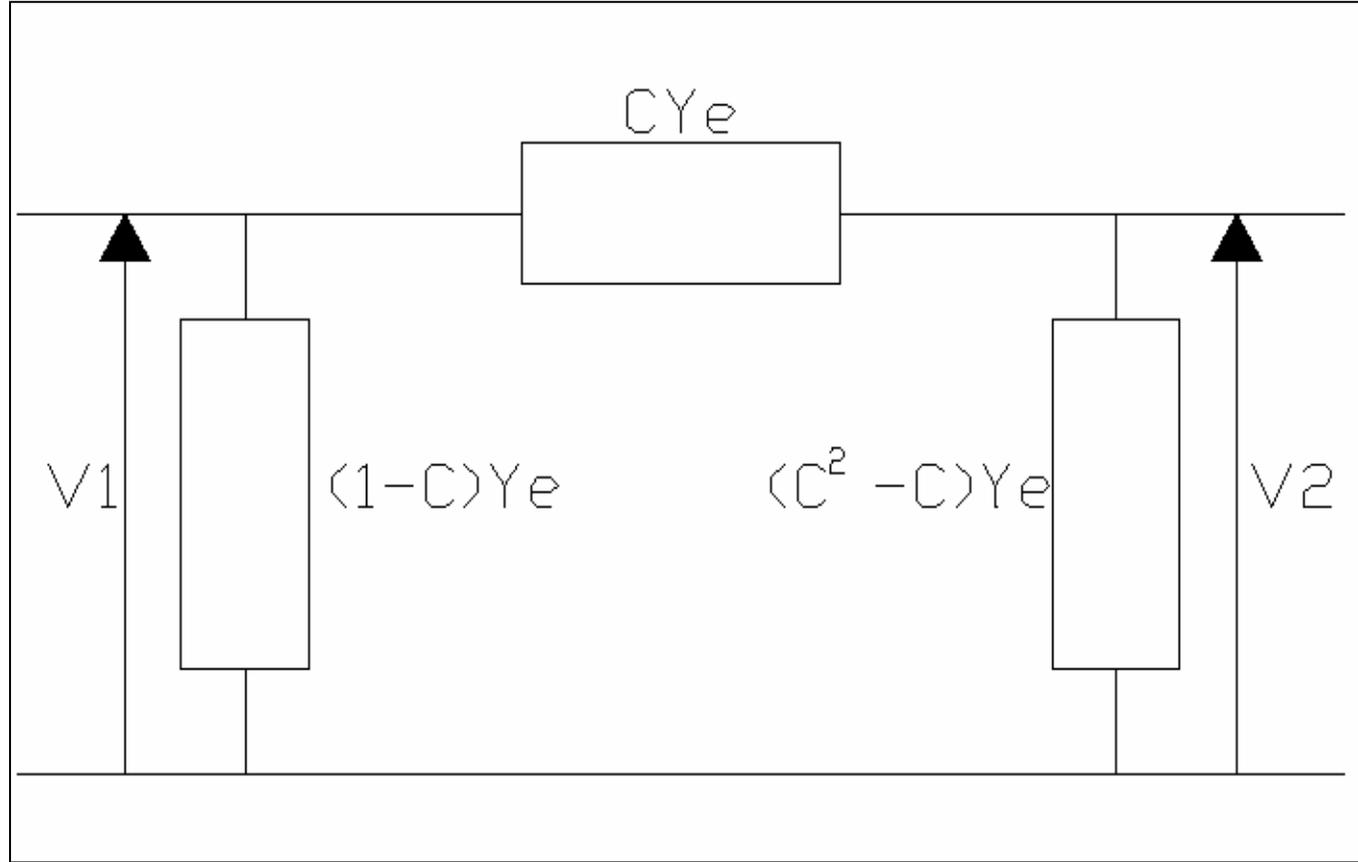


# Tarea 1

**Entrega 12:00 hrs del día Miercoles  
10 de Septiembre de 2008**

**Referencia: Van Cutsem, T. And Vournas, C., Voltage Stability of Electric Power Systems, Kluwer Academic Publishers, 1998.**





# Contenidos de la Tarea 1

1. Realice un análisis estático para usarlo como referencia de sus estudios siguientes. Para ello, considerando potencias de carga constantes ( $P_0$ ,  $Q_0$ ) obtenga el estado inicial del sistema.

Luego saque la línea y determine un nuevo estado estacionario. Vea si es necesario ajustar el tap para cumplir con las condiciones del problema.

Describa el comportamiento del sistema, mostrando la variación en el tiempo de los voltajes en las barras 1, 2 y 3, las transiciones del cambiador de tap y la potencia reactiva entregada por el generador 1 y la barra infinita. Suponga una frontera de tiempo de 500 segundos. Grafique en el tiempo sus resultados.

2. Repita el análisis del punto anterior pero utilice ahora un modelo de carga dinámico.

$$\tau_p \frac{\partial P}{\partial t} + P = P_\infty$$

$$P(t) = P_0 \left( \frac{V}{V_0} \right)^\alpha + P_0 \left( K - \left( \frac{V}{V_0} \right)^\alpha \right) e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau_p}}$$

3. Suponga que se realiza una modificación a los parámetros del OLTC de la siguiente forma  
Caso A: ( $\tau_1=2$ ,  $\tau_2=1$ ) y Caso B: ( $\tau_1=40$ ,  $\tau_2=20$ ).

Para ambos casos obtenga la evolución temporal de las variables y comente la interacción entre la acción del OLTC, la dinámica de las cargas y la saturación del generador en la barra 1. Formule una conclusión acerca del comportamiento del sistema en función de la razón entre las constantes de tiempo de la carga y el OLTC ( $T_p/\tau_1$ ) y ( $T_p/\tau_2$ ).