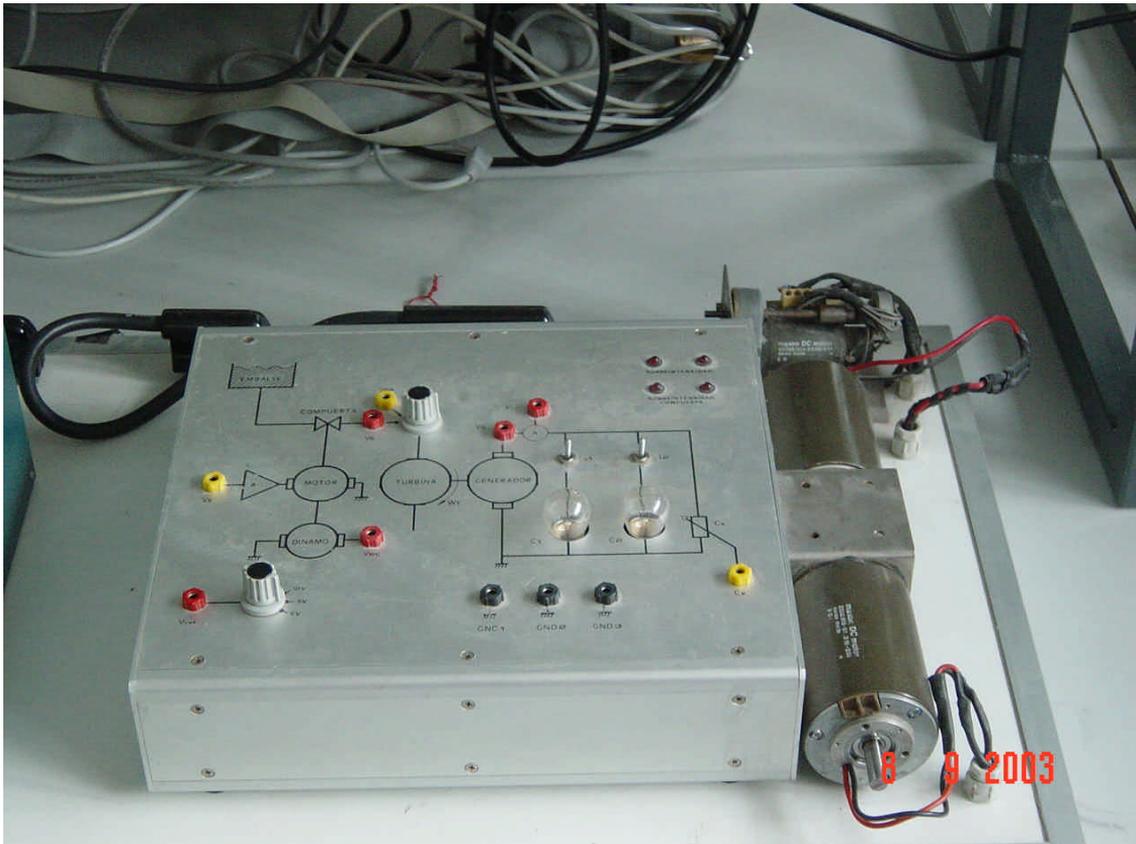


---

## *Práctica 5*

# *Control de la Maqueta de una Minicentral Hidroeléctrica*

---



*Maqueta de Minicentral hidroeléctrica*

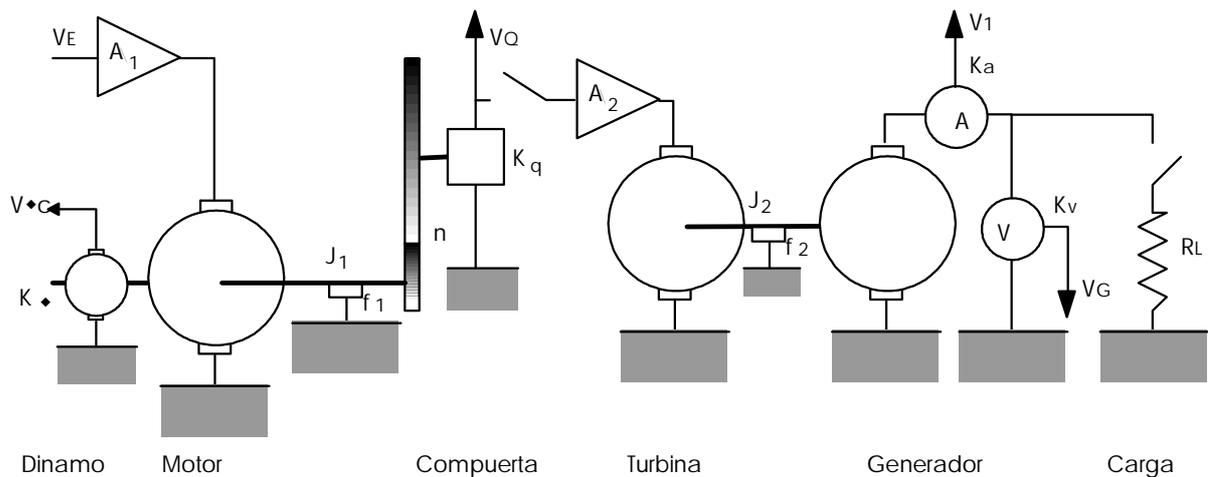


Diagrama esquemático de la Minicentral hidroeléctrica

La figura representa el esquema de una maqueta de una central hidroeléctrica. El subsistema de accionamiento de la compuerta consta de un amplificador de potencia de ganancia  $A_1$ , un motor de corriente continua controlado por inducido, y un reductor de relación  $n$ . La compuerta está simulada mediante un potenciómetro acoplado al eje lento del reductor, que proporciona una tensión  $V_Q$ , proporcional al caudal de agua. A su vez, la turbina está simulada mediante un motor de corriente continua accionado por la tensión  $V_Q$ , amplificada por un amplificador de potencia de ganancia  $A_2$ . La generación de tensión de la central se simula mediante un generador de corriente continua (que es un motor idéntico al anterior, trabajando como generador). Para simular la carga de línea eléctrica se dispone de varias resistencias y bombillas que pueden conectarse mediante conmutadores.

Existen en los motores y en el generador fricciones secas que se pueden modelar como perturbaciones aditivas sobre el par del eje.

Los sensores disponibles son:

Una dinamo tacométrica acoplada en el eje del motor del servosistema que simula la compuerta de constante  $K_\omega$  V/rad\*sg<sup>-1</sup>.

Un potenciómetro acoplado al eje de salida del reductor del servosistema que simula la compuerta, cuya constante es  $K_q$  V/rad.

La tensión en la línea puede medirse mediante un divisor resistivo de ganancia  $K_v = \frac{1}{2}$ .

La intensidad en la línea puede medirse mediante un shunt de constante  $K_a = 1V/A$ .

Los valores numéricos del subsistema motor-compuerta son:

$A_1=1$	Ganancia del amplificador
$R_1=14'2\Omega$	Resistencia de inducido del motor
$K_{p1}=0'0260$ Nw*m/A	Constante de par del motor
$K_{e1}=0'0265$ V/rad*sg <sup>-1</sup>	Constante eléctrica del motor
$n=125$	Relación de reducción
$f_1=4'91 \cdot 10^{-6}$ Nw*m/rad <sup>-1</sup>	Fricción viscosa en el eje del motor
$J_1=1'07 \cdot 10^{-6}$ Kg*m <sup>2</sup>	Inercia total en el eje del motor
$K_q=1'733$ V/rad	Constante del potenciómetro
$K_\omega=2'34 \cdot 10^{-2}$ V/rad*sg <sup>-1</sup>	Constante de la dinamo tacométrica

Los valores numéricos del subsistema turbina-generator son:

$A_2=3'3$	Ganancia del amplificador
$R_2=3'67\Omega$	Resistencia de inducido del motor
$K_{p2}=0'0731 \text{ Nw*m/A}$	Constante de par del motor
$K_{e2}=0'0741 \text{ V/rad*sg}^{-1}$	Constante eléctrica del motor
$f_2=4'9*10^{-5} \text{ Nw*m/rad*sg}^{-1}$	Fricción viscosa en el eje de la turbina
$J_2=1'67*10^{-4} \text{ Kg*m}^2$	Inercia total en el eje de la turbina
$K_g=0'0741 \text{ V/rad*sg}^{-1}$	Constante eléctrica de par del generador
$K_{pg}=0'0731 \text{ Nw*m/A}$	Constante de par del generador
$R_g=3'67\Omega$	Resistencia interna del generador
$K_v=0'5$	Constante del voltímetro
$K_a=1 \text{ V/A}$	Constante del amperímetro

## Estudio Teórico

ET1. Obtener la función de transferencia del subsistema motor-compuerta dada por:  $G_1(s) = V_Q(s) / V_E(s)$ , y la del subsistema turbina-generator, dada por:  $G_2(s) = V_L(s) / V_Q(s)$ , Suponer que el generador trabaja sin carga, en circuito abierto.



EP1.-Identificar la ganancia estática y la constante de tiempo reales de la función de transferencia  $G_2(s)$  del equipo de prácticas. Tener en cuenta que la tensión de línea se mide mediante un sensor de constante  $K_v=0'5$ . Para identificar el sistema aplicará en la entrada del amplificador  $A_2$  una onda cuadrada unipolar proveniente del

generador de señales. Se tendrá en cuenta que la salida del amplificador A2 debe estar dentro del rango de  $\pm 28$  voltios.



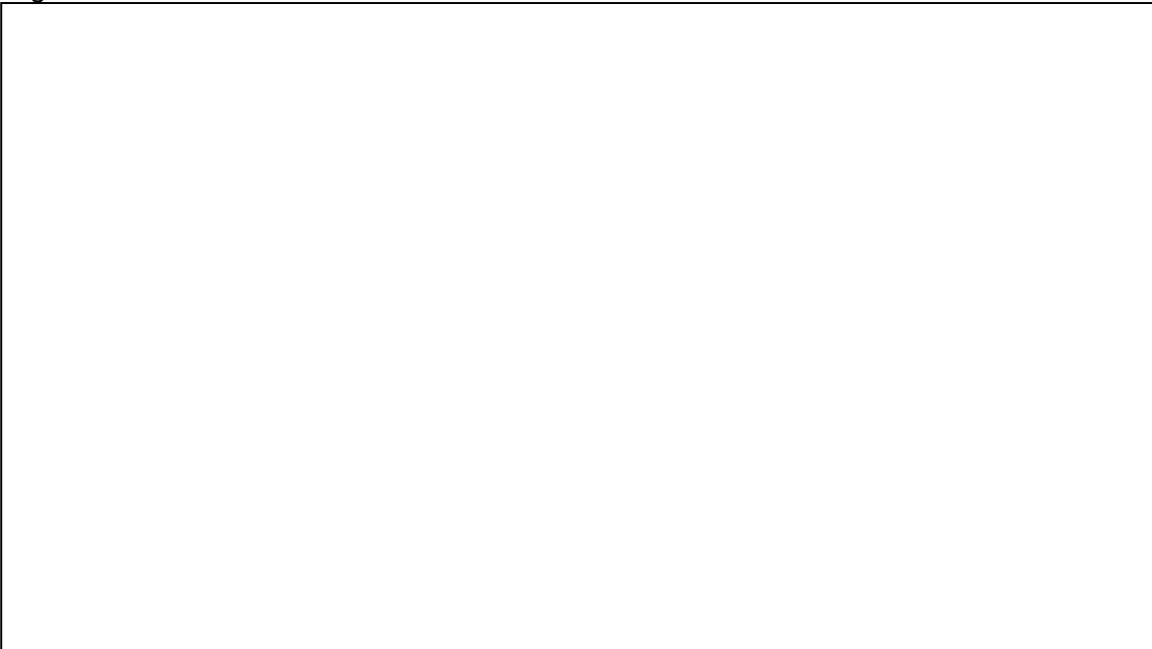
ET2. Diseñar un esquema de control serie utilizando solamente el sensor disponible para controlar la salida  $V_L(s)$  (el sistema a controlar es  $G_1(s) \cdot G_2(s)$ ). La acción del regulador se aplicará sobre  $V_E$ . Calcúlese el regulador proporcional que permita obtener las siguientes especificaciones:

$$e_p = 0$$

$$S_O = 0$$

$$t_r \leq 2s_g$$

Calcular cuál es el valor máximo de la ganancia del regulador que hace que el sistema siga siendo estable.

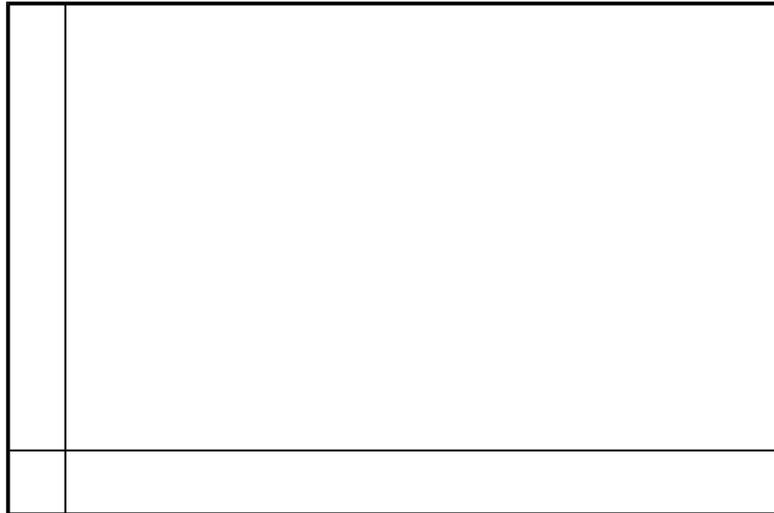


## **Estudio Práctico**

EP2. Montar el esquema de control diseñado sobre el equipo de prácticas y verificar el cumplimiento de todas las especificaciones. Entrada en escalón desde 3V a 4V

(Comprobar que la acción no se satura, esto es, la salida del regulador nunca trata de superar los 10V que como máximo puede suministrar).

EP2.1. Dibujar la tensión medida (VG).



*GRAFICAL. Tensión medida  $V_G$*

EP2.2. Comprobar si el regulador calculado mantiene constante el valor de la salida en régimen permanente al variar la resistencia de carga de la línea.

EP2.3. Obtener experimentalmente el valor de la ganancia del regulador que hace que el sistema se inestabilice. Comparar con el teórico.

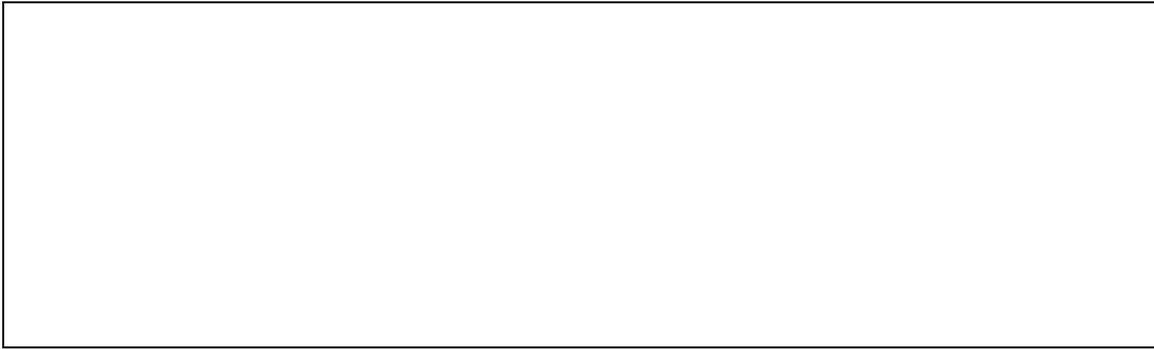
## **Estudio Teórico**

ET3. Manteniendo el mismo esquema de control, calcular un regulador que permita obtener:

$$e_p=0$$

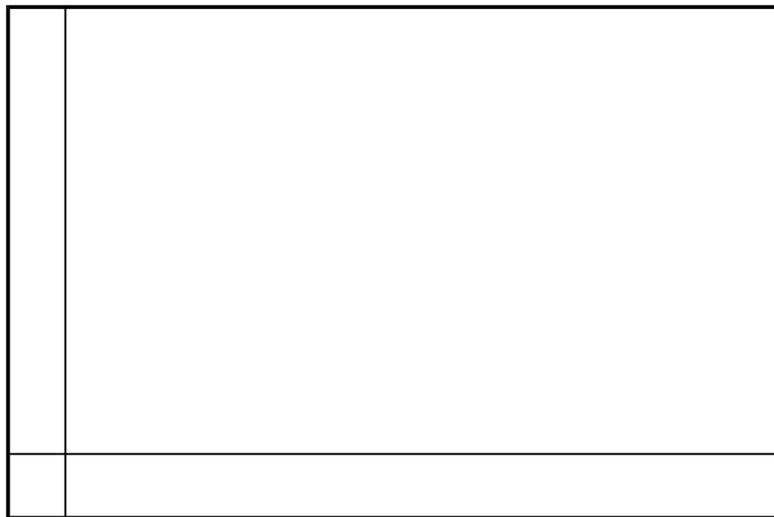
$$S_O=0$$

$$tr \leq 0'5sg$$

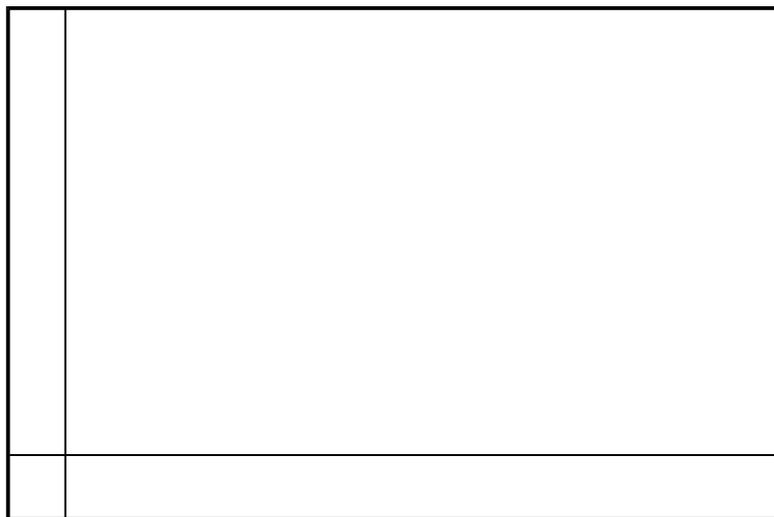


## **Estudio Práctico**

EP3. Montar el esquema de control diseñado en T3 sobre el equipo de prácticas con tensiones de consigna de 3V a 4V (comprobar que la acción no se satura).



*Gráfica 2 . Acción del regulador.*



*Gráfica 3 . Tensión de Linea  $V_L$ .*

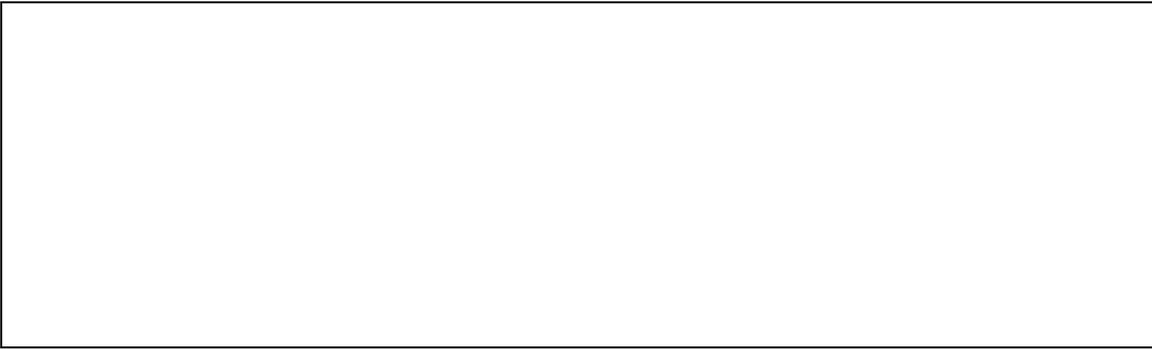
EP3.1. Verificar el cumplimiento de todas las especificaciones y explicar el efecto de valores pequeños del parámetro  $\alpha$ , sobre la acción del regulador.

EP3.2. Comprobar si el regulador calculado mantiene constante el valor de la salida en régimen permanente al variar la resistencia de carga de la línea.

## **Estudio Teórico**

ET4. Diseñar un esquema de control en cascada utilizando los sensores disponibles, para controlar la salida  $V_L(s)$ . El bucle interno controlará el ángulo de la compuerta, la realimentación interna se hará mediante el potenciómetro. El bucle externo controlará la tensión de línea. Calcúlese el valor de los reguladores que permitan eliminar por completo la influencia de perturbaciones sobre la salida en régimen permanente, y obtener:

$$\begin{aligned} e_p &= 0 \\ S.O. &= 0 \\ tr &\leq 0.5sg \end{aligned}$$



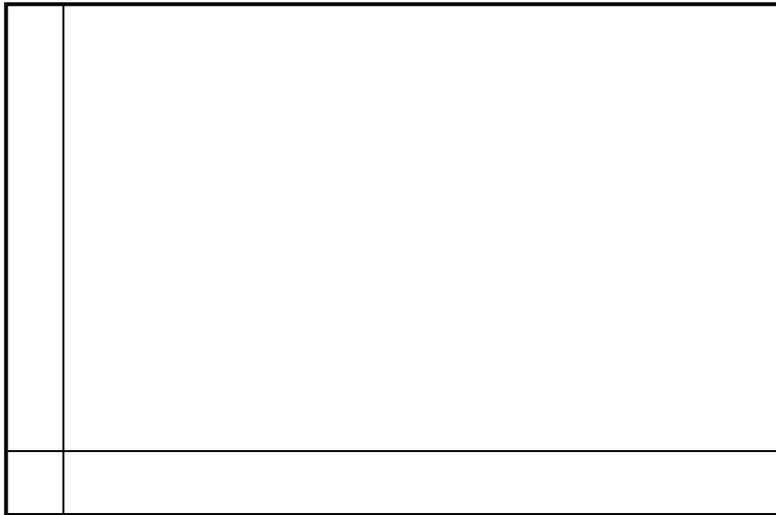
## **Estudio Práctico**

EP4. Montar el esquema de control diseñado sobre el equipo de prácticas.

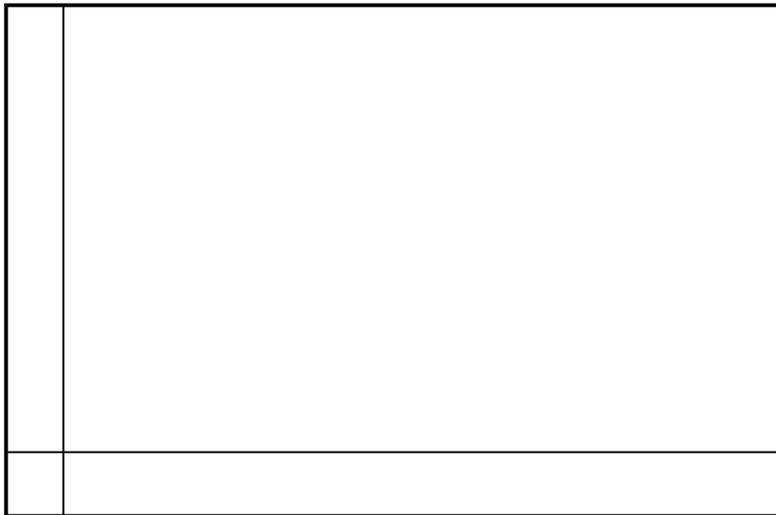
EP4.1. Verificar el cumplimiento de las especificaciones. Comprobar si los reguladores calculados mantienen constante el valor de la salida en régimen permanente al variar la resistencia de carga de la línea.



*Gráfica 4 . Acción del regulador externo.*



*Gráfica 5 . Acción del regulador interno.*



*Gráfica 6 . Realimentación interna.*



*Gráfica 7. Tensión de Línea  $V_L$ .*

EP4.2. Comparar la acción del regulador externo con la realimentación interna. ¿Qué relación les une?