



**Instrumentación Electrónica I**

## Temario

TEMARIO	HTE	P	HL
TEMA 1. INTRODUCCIÓN	1 H		
TEMA 2. SENSORES Y TRANSDUCTORES	1 H	I	
TEMA 3. CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS DE UN TRANSDUCTOR	2 H	T	
TEMA 4. ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE SALIDA DE UN TRANSDUCTOR	7 H	T	
TEMA 5. TRANSDUCTORES PARA LA MEDIDA DE TEMPERATURA.	5 H	1	3 H
TEMA 6. SENSORES PARA LA MEDIDA DE DEFORMACIONES	5 H	2	3H
TEMA 7. SENSORES DE POSICIÓN Y NIVEL	5 H	3	3 H
TEMA 8. SENSORES ÓPTICOS	6 H		
<b>T= Enfasis en todas prácticas</b>	<b>TOTAL</b>	<b>32 H</b>	<b>9 H</b>

Dpto de Tecnología Electrónica Carmen Vázquez



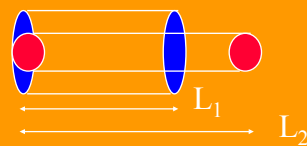
## Medida de deformaciones. Extensometría

- **UTILIDAD:** Determinar las tensiones que actúan sobre una estructura (**SEGURIDAD**)
- **Proceso:** como consecuencia de una tensión o esfuerzo ( $\sigma$ )  
 $\Rightarrow$  La estructura sufre una deformación ( $\epsilon$ )  
Este proceso se estudia en la teoría del cálculo de estructuras
- **Sensor:** galgas extensométricas (deformaciones, presiones, aceleraciones...)



## Conceptos básicos de elasticidad

$\epsilon_a$  = deformación unitaria axial =  $\Delta L/L$ , **unidad  $1\mu\epsilon = 10^{-6} \times \Delta L/L$  microdeformación**



$\Delta L = L_2 - L_1$ ;  $D_2$  y  $D_1$  deformación

deformación unitaria transversal  $\epsilon_t = \Delta D/D$

¿Relación  $\epsilon_a$  y  $\epsilon_t$ ? **coeficiente Poisson  $\nu = -\epsilon_t/\epsilon_a$**

### DOMINIO ELÁSTICO DEL MATERIAL

• Ley Hooke:  $\Delta L/L = \sigma_a/E$ ; E módulo de Young;

$\sigma_a = T/A$  tensión unitaria axial

“Las deformaciones unitarias son proporcionales a las tensiones o esfuerzos”



# Conceptos básicos de elasticidad

## DOMINIO ELÁSTICO DEL MATERIAL

- Válida Ley Hooke:  $\Delta L/L = \sigma_a/E$ ;
- Acotado por el límite elástico del material



Material	E (Kg/mm <sup>2</sup> )	Límite elástico (Kg/mm <sup>2</sup> )
acero	18000-29000	20-80
cobre	9900-14000	3-12
plomo	500-1800	0,4-1



# Principio de funcionamiento

“Variación de una resistencia ante la acción de una tensión”



$$R = \rho l / S; S = mD^2; dR = f(dp, dl, dS)$$

$$\Rightarrow dR/R = f(dl/l)$$

Efecto piezoresistivo,  $dp/\rho = CdV/V$ ;

volumen  $V = Sxl = mD^2l$  operando se obtiene:

$$dR/R = [C(1-2\nu) + (1+2\nu)]dl/l; \text{ luego } K = (\Delta R/R)/\epsilon_a \Rightarrow \Delta R_{\text{mide}} = K\epsilon_a/R,$$

**K factor de galga (hoja de catálogo)**

Gauge Pattern Leads attached	Type	Dimensions (mm)			Nominal Resistance (Ω)	Gauge Factor (approx.)	Gauges per Package
		Gauge Length	Gauge Width	Backing			
	PFL-10-11	10	0.9	18 × 6	120 ± 0.3	2.1	10
	PFL-20-11	20	1.4	28 × 6	120 ± 0.3	2.1	10



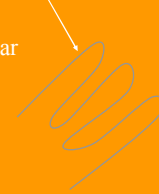
## Tipos de galgas.

### Hilo metálico:

Serpenteante, R nominal mínima 100Ω evitar sobrecargar la fuente y limitar P disipa

Soporte: facilita manejo, mantiene dirección hilos metálicos, soporte conexiones

Hilo metálico



### Película metálica:

zonas curvas con mayor grosor para reducir el efecto de las secciones transversales

### Datos generales:

K 2,1 (constatán)

Ro:120, 350, 600, 1000W

No linealidad: 0,1% \* (10000me) ó 1%>

rango medida: 20000-25000μe

deriva temporal muy baja

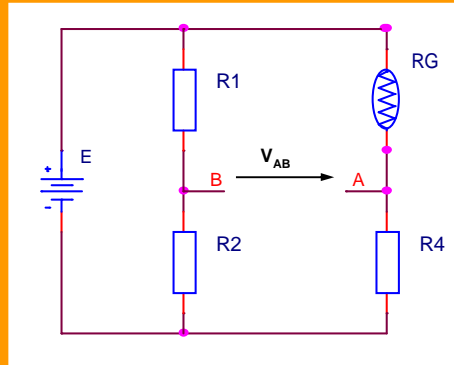


## Tipos galgas. Semiconductoras

- K elevadas 50-175 según impurezas
- dependencia T, precio alto
- Ro~120Ω, precisión 1%,
- rango medida: 5000μe
- deriva temporal media

# Instrumentación Electrónica I

## Circuitos de medida



### Características:

Pequeña señal

Circuito: Puente de Wheatstone

### Precauciones:

Compensar efecto T (soporte, circuito)

Limitar P disipa galga

### Sensibilidades máximas:

Aumentar número galgas,  
medida push-pull (si posible)

¡Ojo con la colocación!

Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez

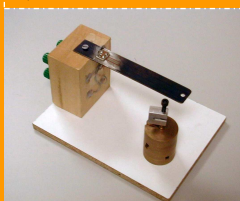
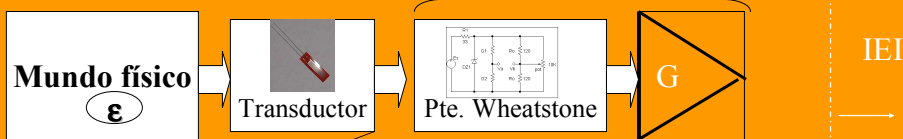
# Instrumentación Electrónica I



## Sistema para la medida de deformaciones

### Diagrama de Bloques

### Acondicionamiento

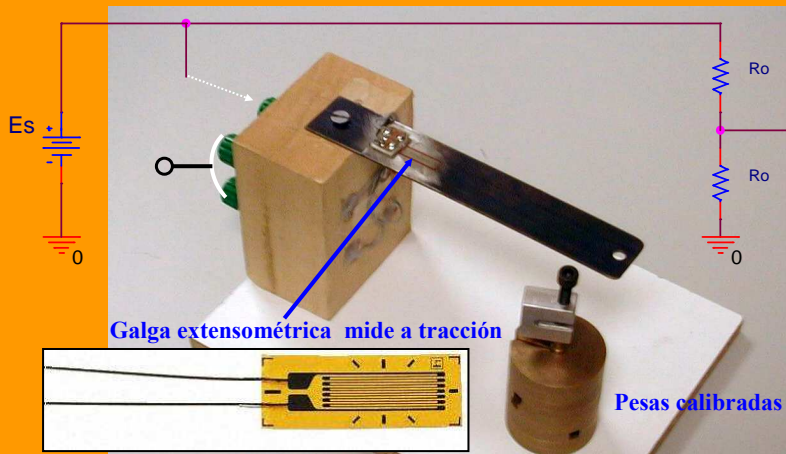


Ejemplo. Práctica

Objetivo: **Calibración**  
Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez

Instrumentación Electrónica I  
Práctica 3: "Galgas Extensométricas"



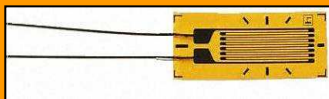
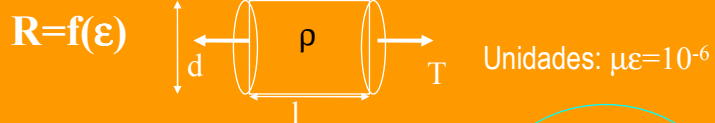
Dpto de Te

Vázquez

Instrumentación Electrónica I  
Transductor: Galgas extensométricas



MEDIDA DEFORMACIONES



$\epsilon \Rightarrow \Delta d, \Delta \rho, \Delta l \Rightarrow \Delta R$

$\Delta R/R_0 = K \epsilon$

K factor galga,  
 $\Delta R = KR \epsilon$   
 $S = KR_0$

PFL-1011:  $K=2,1$   
 $R_0=120 \Omega$



$\Delta R = 25,2 \text{ m}\Omega$  ( $100 \mu\epsilon$ )

Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez

# Instrumentación Electrónica I

## Transductor: Galga extensométrica



### Hoja características

COMPATIBLE ADHESIVES & OPERATIONAL TEMPERATURE RANGE

● P-2	..... -30 ~ +80°C	● PS	..... -30 ~ +80°C
● CN	..... -30 ~ +80°C	● EA-2	..... -196 ~ +80°C
● NP-50	..... -30 ~ +80°C	● RP-2	..... -30 ~ +80°C

\* FOIL GAUGE-SERIES "PF"

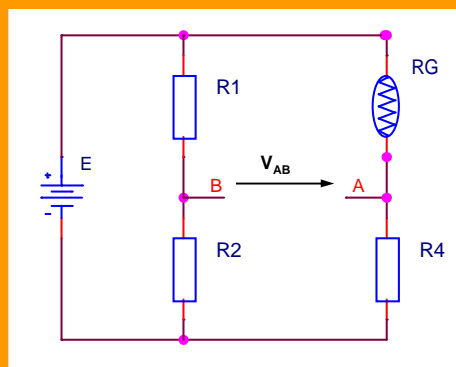
Gauge Pattern Leads attached	Type	Dimensions (mm)			Nominal Resistance (Ω)	Gauge Factor (approx.)	Gauges per Package
		Gauge Length	Gauge Width	Backing			
	PFL-10-11	10	0.9	18×6	120±0.3	2.1	10
	PFL-20-11	20	1.4	28×6	120±0.3	2.1	10
	PFC-10-11	10	0.9	18×18	120±0.5	2.1	6
	PFC-20-11	20	1.4	28×28	120±0.5	2.1	6

Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez

# Instrumentación Electrónica I

## Circuitos de medida



Montaje 1/4 puente

**Características:**

Pequeña señal

**Circuito:** Puente de Wheatstone

**Precauciones:**

Compensar efecto T (soporte, circuito)

Limitar P disipa galga

**Sensibilidades máximas:**

Aumentar número galgas,

medida push-pull (si posible)

¡Ojo con la colocación!

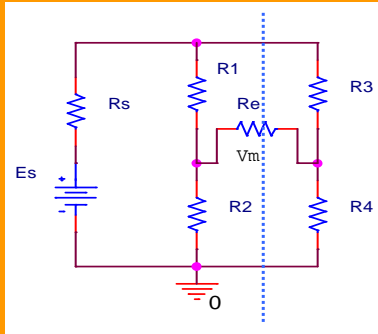
Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez



## Circuito en puente de Wheatstone

### Repaso tema 4



- $R_s \rightarrow 0, R_e \rightarrow \infty$
- Equilibrio,  $R_{io} = R_o$
- Pequeñas variaciones

$$V_m = E_s \frac{(\Delta R_2 - \Delta R_1 + \Delta R_3 - \Delta R_4)}{4R_o}$$

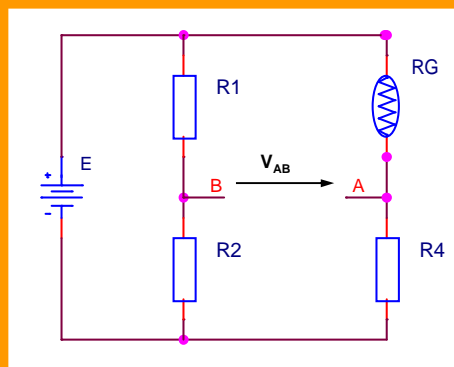
### Mejora sensibilidad

Montaje push-pull convenientemente colocados sensores:

Máxima 4 sensores:  $\Delta R_2 = \Delta R_3 = -\Delta R_1 = -\Delta R_4$



## Circuitos de medida. 1/4 puente



### Características:

Pequeña señal

Circuito: Puente de Wheatstone

### Precauciones:

Compensar efecto T (soporte, circuito)

Limitar P disipa galga

### Sensibilidades máximas:

Aumentar número galgas, medida push-pull (si posible)

¡Ojo con la colocación!

Puente equilibrado  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_o$

¿Compensar T?

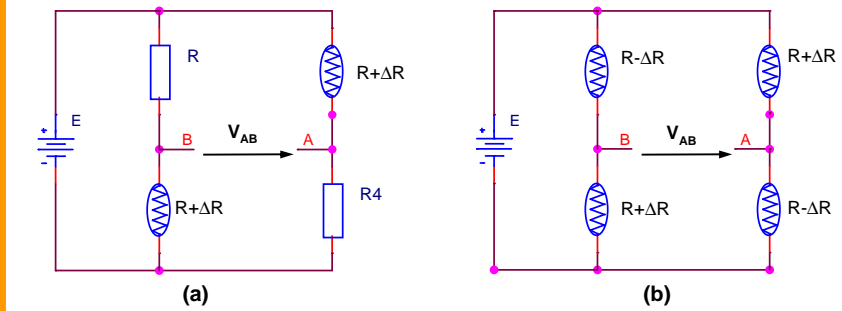
$$V_m = E_s \frac{(\Delta R_2 - \Delta R_1 + \Delta R_3 - \Delta R_4)}{4R_o} = E_s \frac{\Delta R_G}{4R_o} = \frac{E_s K \epsilon_a}{4}$$



## Instrumentación Electrónica I



### Circuitos de medida. 1/2 puente y puente completo



Puente equilibrado

$$V_m = E_s \frac{(\Delta R_2 - \Delta R_1 + \Delta R_3 - \Delta R_4)}{4R_o}$$

¿T?

$$(a) E_s \frac{\Delta R_G}{2R_o} = \frac{E_s K \epsilon_a}{2}$$

¿siempre posible?

$$(b) E_s \frac{4\Delta R_G}{4R_o} = E_s K \epsilon_a$$

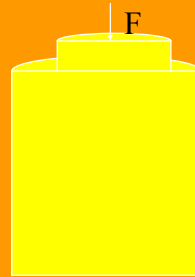
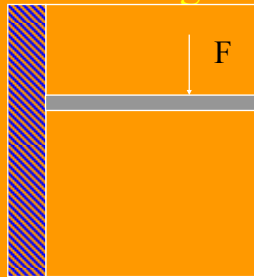
Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez

## Instrumentación Electrónica I



### Configuraciones posibles ¿circuitos?



Tipo medidas:

Tracción

Compresión

ambas

Ubicación: alineadas con la fuerza a medir

¿Qué montaje propone en cada caso de máxima sensibilidad?

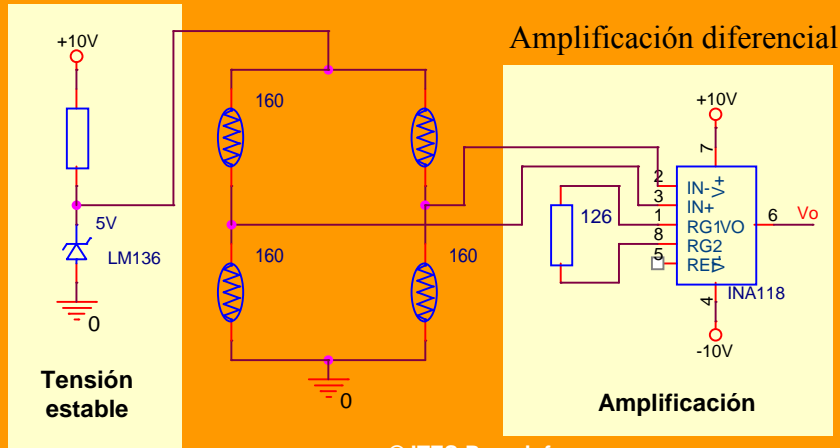
No hay límite en el número de galgas a usar

Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez



# Acondicionamiento completo



Dpto de Tecnología Electrónica

© ITES-Paraninfo

Carmen Vázquez



# Medidas remotas

Montaje a 3 hilos  
Equilibrar el puente

Amplificación

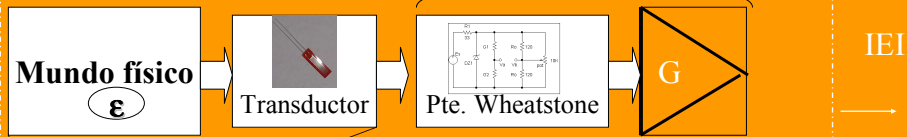
Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez

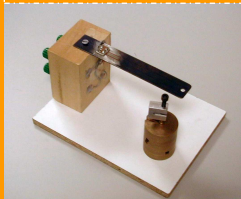


## Sistema para la medida de deformaciones

### Diagrama de Bloques



### Acondicionamiento



Objetivo: **Calibración**  
Dpto de Tecnología Electrónica

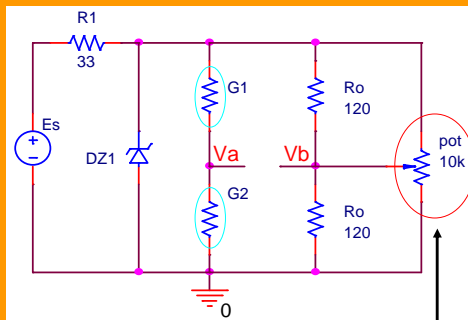
Analizar la práctica. Dudas

Carmen Vázquez



## Utilidad: Circuito acondicionador 2

### Circuito 1/2 Puente Wheatstone



$$V_a > V_b \Rightarrow R_{G2} > R_{G1} \quad \begin{matrix} G_1, -\Delta R \text{ compresión} \\ G_2, +\Delta R \text{ tracción} \end{matrix}$$

$$V_a = \frac{V_{z1}}{2} + \frac{V_{z1}}{2} \frac{\Delta R}{R_o}$$

$$V_b = \frac{V_{z1}}{2} \text{ (equilibrio)}$$

Equilibra puente

$R_1 = 33\Omega$  1/2W

$DZ_1 = 2,4 \text{ V}$  1/4 W LIMITA I galga

$G_1, G_2$ : PFL1011

$$V_a - V_b = \frac{V_{z1}}{2} \frac{\Delta R}{R_o}$$

Dpto de Tecnología Electrónica

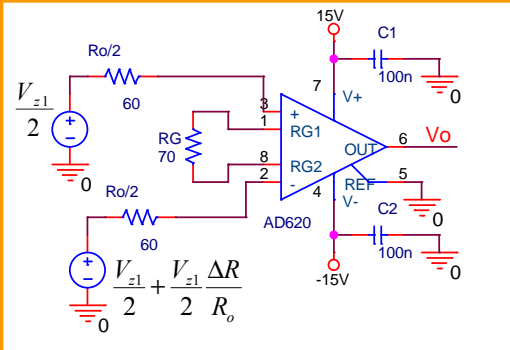
Carmen Vázquez

## Instrumentación Electrónica I

### Utilidad: Circuito acondicionador 2



#### Amplificador de instrumentación. AD620



$$V_o = \frac{V_{z1}}{2} \frac{\Delta R}{R_o} G = 7,07 \Delta R$$

$$G = \frac{49,4 K}{R_G} + 1 = 707$$

☞ No existe efecto de carga  $10 \text{ G}\Omega \gg 120 \Omega$

☞ Rechaza el modo común:  $V_{oc} = 2,68 \text{ mV} (RRMC = A_{md}/A_{mc}; V_{oc} = V_z/2 * A_{mc})$

Dpto de Tecnología Electrónica

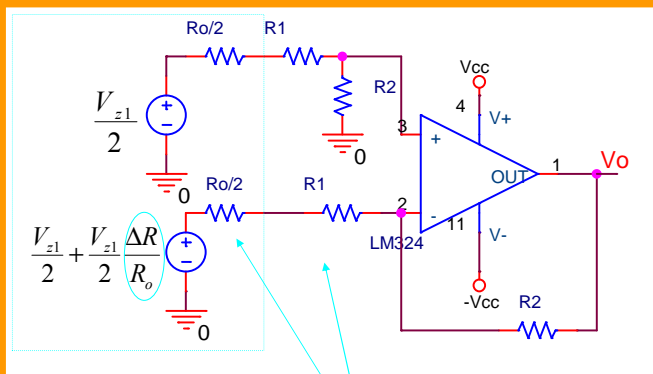
Carmen Vázquez

## Instrumentación Electrónica I

### Circuito acondicionador 3



#### ¿Qué ocurre si se utiliza un A Diferencial?



$$G \approx 10^3, \text{ IN } \times 106$$

$$R_2 = 60 \text{ K}\Omega$$

$$R_1 = 60 \Omega$$

Equivalente Thévenin  
Puente+sensor

Efecto de carga

$$G_{\text{real}} = 500 \text{ MITAD}$$

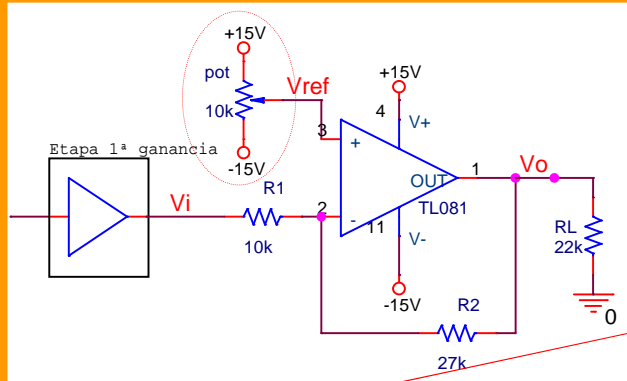
Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez



## Acondicionamiento

### Segunda etapa amplificadora y ajuste de offset



Ajustar nivel cero

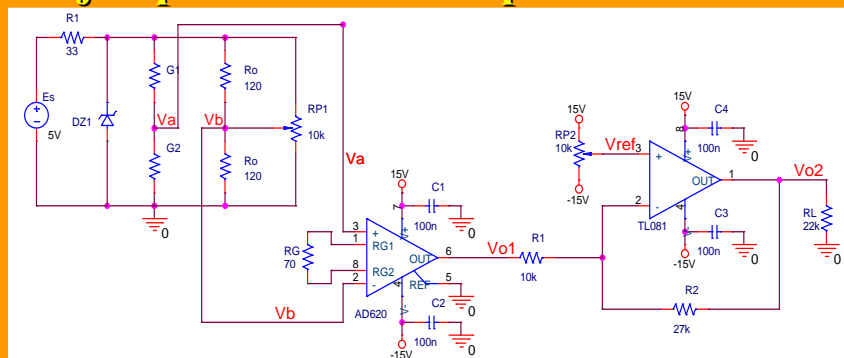
$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} V_i + V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Dpto de Tecnología Electrónica

Carmen Vázquez



## Ejemplo. Sistema completo: Sensibilidad



$$V_o = V_{o2} = -\frac{R_2}{R_1} G_1 \frac{V_{\pm 1}}{2} K \varepsilon + V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$S \equiv \left| \frac{\Delta V_o}{\Delta \varepsilon} \right| = \frac{R_2}{R_1} G_1 \frac{V_{\pm 1}}{2} K = 2,7 \times 707 \times 1,2 \times 2,1 = 4,8 \frac{mV}{\mu\varepsilon}$$

Dpto de Tecnología Electrónica

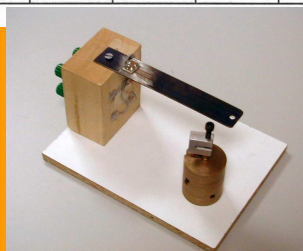
Carmen Vázquez



Sistema completo: Calibración

Tabla de calibración a rellenar

Pesos	Sin carga	soporte	1 pesa	2 pesas	3 pesas	4 pesas	5 pesas	6 pesas	7 pesas	8 pesas
Uo (V)										



Dpto de Tecnología Electrónica

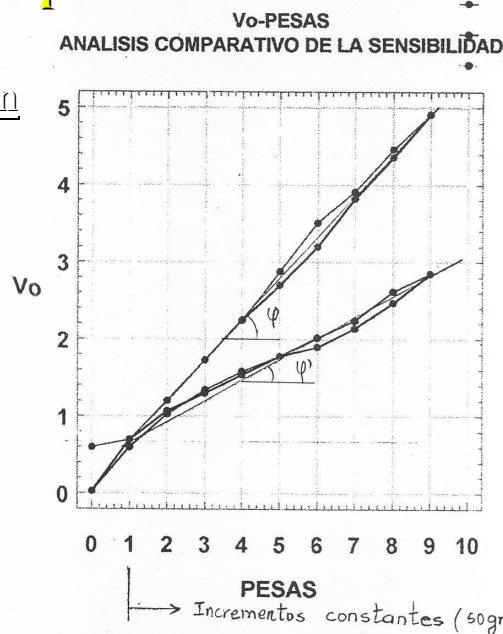
Carmen Vázquez



Sistema completo: Calibración

Curva de calibración

- ☐ Sensibilidad doble 1/2 P
- ☐ Mayor linealidad
- ☐ Histéresis mínima



Dpto de Tecnología Electrónica