

PRÁCTICA DE EXTENSOMETRÍA INDUSTRIAL

- **Medición cuasiestática con roseta de 3 direcciones**
- **Extensometría unidireccional dinámica**

Dept. Resistencia de Materiales

UPC – ESEIAAT

Grupo	Nombre y apellidos	Fecha de realización

PARTE 1: MEDICIÓN CUASISTÁTICA CON GALGAS UNIDIRECCIONALES Y ROSETA DE 3 DIRECCIONES

1. Objetivo de la práctica.

Al igual que en la práctica anterior, el objetivo de la práctica es presentar una técnica muy extendida en la medición de tensiones como es la extensometría eléctrica resistiva. Esta técnica experimental permite conocer el estado tensional a partir de las deformaciones nominales que son las variables que realmente se miden.

2. Introducción.

Medición del coeficiente de Poisson con roseta de 2 direcciones perpendiculares

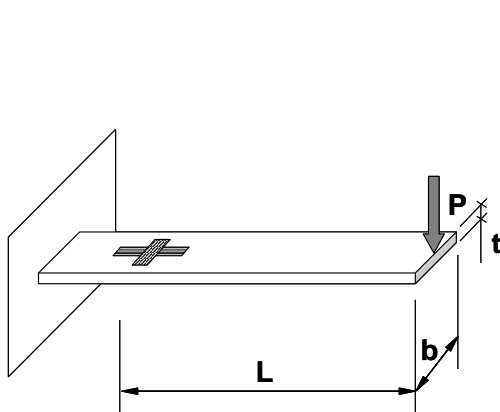


Figura 1. Probeta.

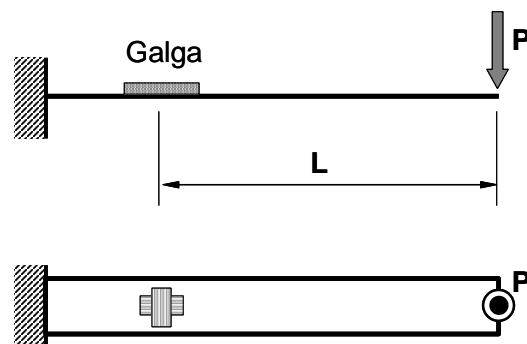


Figura 2. Estructura y dispositivo de medida.

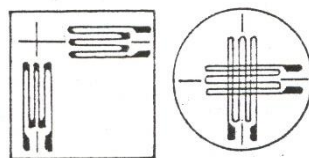


Figura 3. Estructura y dispositivo de medida.

Las figuras 1 y 2 muestran la probeta objeto de estudio que trabaja como una ménsula. Esta probeta dispone de dos galgas extensométricas dispuestas perpendicularmente (sobre una única basa de un polímero no conductor), como las mostradas en la figura 3, para medir la deformación en la dirección longitudinal y en la dirección transversal de la probeta. Estas galgas se pueden conectar al puente de Wheatstone bien en el ramal 1 o bien en el ramal 3 formando un montaje de $\frac{1}{4}$ de puente como el mostrado en la figura 7. Se pueden utilizar dos puentes de Wheatstone (en canales diferentes de un interrogador con múltiples puentes en nuestro caso). Por tanto, la galga longitudinal medirá la deformación longitudinal y la galga transversal medirá la deformación transversal simultáneamente.

Las mediciones del coeficiente de Poisson se pueden realizar en base a la expresión:

$$\nu = -\frac{\varepsilon_{trans}}{\varepsilon_{long}} \quad (1)$$

Medición con roseta de 3 direcciones

La figura 4 muestra la roseta de tres galgas ubicada en la misma posición que la mostrada en las figuras 1 y 2. Con esta roseta se miden las deformaciones en tres direcciones, las cuales pueden referenciarse al eje x con los ángulos β_A , β_B y β_C descritos en la figura 4. Esta roseta permite conocer el tensor deformación en el punto objeto de estudio:

$$\begin{cases} \varepsilon_A = \varepsilon_{XX} \cos^2 \beta_A + \varepsilon_{YY} \sin^2 \beta_A + 2\varepsilon_{XY} \sin \beta_A \cos \beta_A \\ \varepsilon_B = \varepsilon_{XX} \cos^2 \beta_B + \varepsilon_{YY} \sin^2 \beta_B + 2\varepsilon_{XY} \sin \beta_B \cos \beta_B \\ \varepsilon_C = \varepsilon_{XX} \cos^2 \beta_C + \varepsilon_{YY} \sin^2 \beta_C + 2\varepsilon_{XY} \sin \beta_C \cos \beta_C \end{cases} \quad (2)$$

Conocidos los ángulos β_A , β_B y β_C pueden determinarse las componentes del tensor deformación resolviendo este sistema de ecuaciones ya que ε_A , ε_B y ε_C son conocidos.

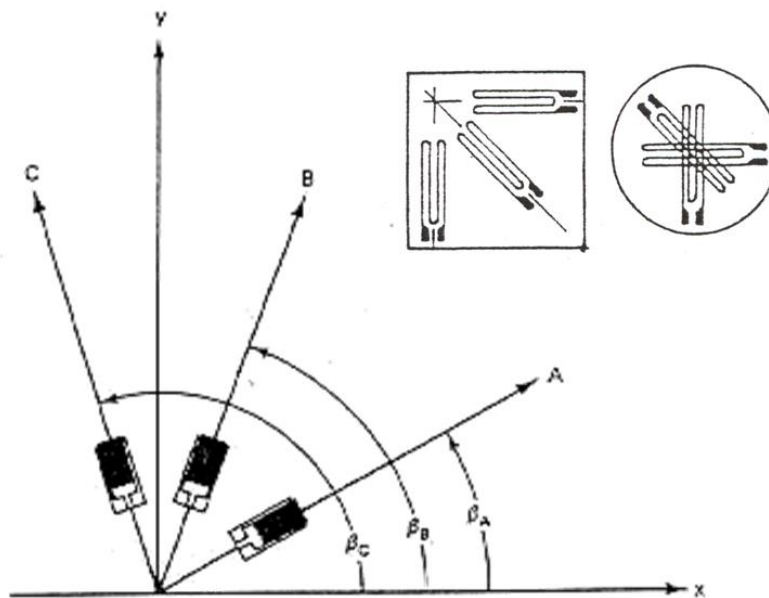


Figura 4. Roseta de tres galgas.

3. Equipamiento: Hardware y software.

Los datos de este apartado se pueden encontrar en el anejo 2.

4. Conexión.

Ver anejo 2.

5. Realización de las medidas: obtención de los datos.

Lectura directa a partir de las galgas: medición a obtener en el laboratorio.

6. Resultados a obtener.

Con la probeta que tiene instalada la **roseta rectangular** y para una carga de 2 Kg determinar:

- ε_{long} : Deformación en la dirección longitudinal de la probeta
- Deformaciones en las direcciones ε_{XX} , ε_{YY} y ε_{XY} .
- Obtener la deformación ε_{ZZ} a partir de la ecuación de Hooke generalizada y la condición $\sigma_{ZZ} = 0$ (hipótesis de tensión plana).
- Deformaciones principales
- Coeficiente de Poisson
- Tensiones principales
- Direcciones principales
- Tensión equivalente y coeficiente de seguridad
- Contrastar las tensiones y deformaciones principales obtenidas con las teóricas

PARTE 2: EXTENSOMETRÍA DINÁMICA UNIDIRECCIONAL UTILIZANDO EQUIPAMIENTO PROFESIONAL

1. Objetivo de la práctica.

Al margen de la experiencia estrictamente académica, existen equipos profesionales de medición basados en extensometría resistiva que funcionan como amplificador e incorporan, a su vez, el circuito del puente de Wheatstone. En función de cómo se conecte la banda extensométrica sobre el equipo, éste funcionará bajo distintas configuraciones: $\frac{1}{4}$ de puente, $\frac{1}{2}$ puente o puente completo.

Este tipo de equipamientos profesionales pueden ser usados tanto en laboratorio como en obra en condiciones ambientales severas. Estos sistemas de medición son capaces de mantener su precisión en intervalos de temperatura muy amplios. Son más versátiles y robustos que los de uso habitual en el ámbito académico permitiendo la conexión de distintos tipos de transductores. Además, gracias a la incorporación de elementos informáticos (ordenadores y software específicos), la capacidad de almacenamiento y tratamiento de datos ofrece una mayor cantidad de posibilidades.

El objetivo de esta parte de la práctica es familiarizarse con este tipo de equipos que se utilizan en el ámbito profesional y determinar la frecuencia natural de oscilación del sistema y la constante de amortiguamiento.

2. Introducción.

Extensometría de $\frac{1}{4}$ de puente

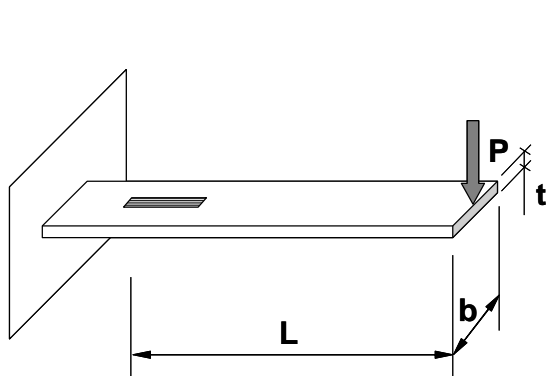


Figura 5. Probeta.

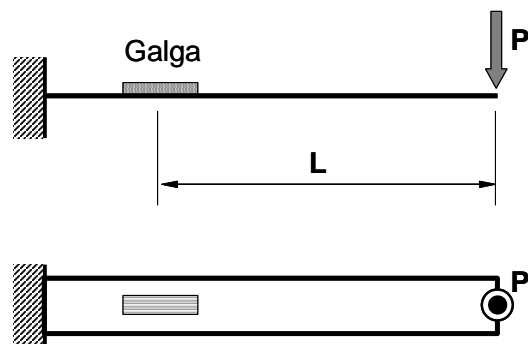


Figura 6. Estructura y dispositivo de medida.

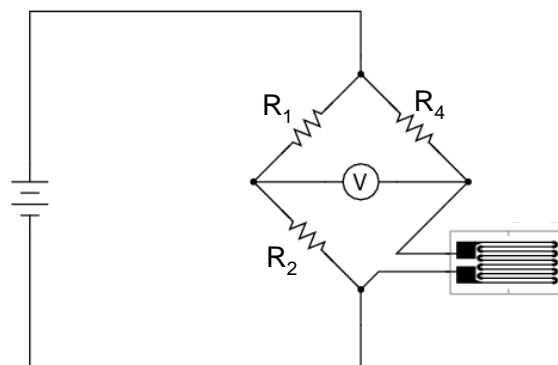


Figura 7. Montaje de $\frac{1}{4}$ de puente.

Las figuras 5 y 6 muestran la probeta objeto de estudio que trabaja como una ménsula. Esta probeta dispone de una galga extensométrica para medir la deformación en la dirección longitudinal. Esta galga se conecta al puente de Wheatstone en el ramal 1 o el ramal 3 formando un montaje de ¼ de puente como el mostrado en la figura 7.

Análisis dinámico de frecuencia natural y de amortiguamiento

En un oscilador armónico simple, la partícula oscilaría indefinidamente, pero en cualquier situación real, si hacemos oscilar cualquier dispositivo, observamos que hay una disminución progresiva en la amplitud de las oscilaciones debida a fenómenos disipativos intrínsecos del material y rozamiento.

La forma más simple de representarlos es como un oscilador mecánico, con un amortiguador que introduce una fuerza de naturaleza viscosa, o sea una fuerza proporcional a la velocidad de desplazamiento $F = -bv$. Donde b es una constante que depende del sistema físico particular.

Si analizamos este sistema aplicando la segunda ley de Newton encontraremos la ecuación del movimiento:

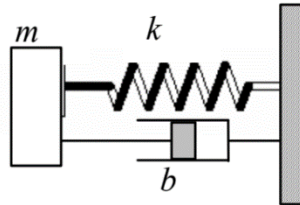


Figura 8. Sistema de oscilación mecánico

$$F = F_k + F_v \rightarrow ma = -kx - bv \quad (3)$$

Si expresamos la ecuación del movimiento en forma de ecuación diferencial, teniendo en cuenta que la aceleración es la segunda derivada de la posición y que la velocidad es la primera derivada:

$$ma + bv + kx = 0 \rightarrow m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0 \quad (4)$$

Si dividimos la ecuación anterior por la masa del sistema, obtendremos la siguiente ecuación diferencial:

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_o^2 x = 0 \quad (5)$$

Donde:

$$\omega_o^2 = \frac{k}{m} \quad (6)$$

$$2\gamma = \frac{b}{m} \quad (7)$$

ω_o : Frecuencia natural o frecuencia que tendría el oscilador en ausencia de amortiguamiento.

γ : Constante de amortiguamiento

La solución de la ecuación diferencial (5) para las oscilaciones amortiguadas ($\gamma < \omega_o$), tiene la siguiente expresión:

$$A(t) = A_o e^{-\gamma t} \cos(\omega_d t + \varphi) \quad (8)$$

(Para ver la resolución completa de la EDO, ver referencia: [1])

Donde:

$$\omega_d = 2\pi f \quad (9)$$

$$\omega_d = \sqrt{\omega_o^2 - \gamma^2} \quad (10)$$

ω_d : Frecuencia angular de oscilación del sistema

A_o : Amplitud del sistema determinada por el instante inicial $t = 0$.

Y si definimos el tiempo crítico de decrecimiento de la amplitud τ como:

$$\tau = \frac{1}{\gamma} \quad (11)$$

3. Descripción del equipamiento: Hardware y software.

Los datos de este apartado se pueden encontrar en el anejo 1.

4. Metodología: Conexiones para $1/2$ de puente en el modelo QuantumX.

Ver anejo 1 y usar las conexiones para $1/2$ de puente.

5. Datos experimentales.

A obtener en las tablas adjuntas en el anejo 3.

6. Resultados a obtener.

Con la probeta que tiene instalada la banda extensométrica en posición longitudinal:

- Determinar la frecuencia de oscilación amortiguada ω_d (ecuación 9)
- Determinar el factor de decaimiento γ (ecuación 8)
- Determinar el tiempo que tarda en amortiguarse el sistema τ (ecuación 11)
- Determinar la frecuencia natural del sistema ω_o (frecuencia que tendría el oscilador si no hubiera amortiguamiento) (ecuación 10)

REFERENCIAS

- [1]** Gorri, José A., Albareda, Alfons y Toribio Eliezer, (2008) Oscilaciones y ondas. Edicions UPC

ANEJO 1: EXTENSOMETRÍA UTILIZANDO EL QUANTUMX MX440B

Al margen de la experiencia estrictamente académica, existen equipos profesionales de medición basados en extensometría resistiva que funcionan como amplificador e incorporan, a su vez, el circuito del puente de Wheatstone. En función de cómo se conecte la banda extensométrica sobre el equipo, éste funcionará bajo distintas configuraciones: ¼ de puente, ½ puente o puente completo.

Este tipo de equipamientos profesionales pueden ser usados tanto en laboratorio como en obra en condiciones ambientales severas. Estos sistemas de medición son capaces de mantener su precisión en intervalos de temperatura muy amplios. Son más versátiles y robustos que los de uso habitual en el ámbito académico permitiendo la conexión de distintos tipos de transductores. Además, gracias a la incorporación de elementos informáticos (ordenadores, software específicos), la capacidad de almacenamiento y tratamiento de datos ofrece una mayor cantidad de posibilidades. Entonces, parece pertinente familiarizarse con este tipo de equipos que, a la postre, son los que se utilizan en el ámbito profesional.

Equipamiento: *Hardware y software*

En particular, en el laboratorio de RMEE, se dispone de un equipo de adquisición de datos *QuantumX MX440B* producido y distribuido por la empresa *HBM* (www.hbm.com). Este equipamiento permite realizar diversos tipos de lecturas de forma simultánea en cuatro canales; más allá de bandas extensométricas, permite la conexión de termómetros resistivos, transductores inductivos, pares termoeléctricos y transductores potenciométricos entre otros. Sin embargo, el objeto de la práctica se centra exclusivamente en las bandas extensométricas.



Figura 1. *QuantumX MX440B*

Además del *QuantumX*, para la visualización de resultados, se necesita un PC al que conectar el equipamiento. En este ordenador se necesita instalar el software *CatmanEasy-AP* que permite la visualización en tiempo real de las lecturas que realizan tanto los distintos modelos de *QuantumX* como otros equipos de medida.

Conexión: ½ puente

El modelo *MX440B* permite directamente la conexión de bandas extensométricas a puente completo y, también, a ½ puente. Para realizar dichas conexiones correctamente, la Figura 5 se refiere a la conexión de las bandas con el conector macho del tipo *SUBHD15*, que es el que requiere este modelo de *QuantumX*. Notar que para realizar mediciones a ¼ de puente con este equipamiento es necesario un conector específico supletorio; otros modelos de *QuantumX* (menos versátiles) sí permiten dicha conexión de forma directa.

Hay que recordar en este punto ciertos aspectos acerca del funcionamiento del puente de Wheatstone.

Así pues, visto que:

$$\Delta V_s = \frac{KV_E}{4} [\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4] \quad (1)$$

Y que las ramas externas del puente de Wheatstone corresponden a las resistencias **R₁** y **R₂** (bandas extensométricas) y las internas (dentro del *QuantumX* serán las **R₃** y **R₄**, ver Figura 5) la lectura será equivalente a la resta de las deformaciones que perciban las bandas extensométricas externas.

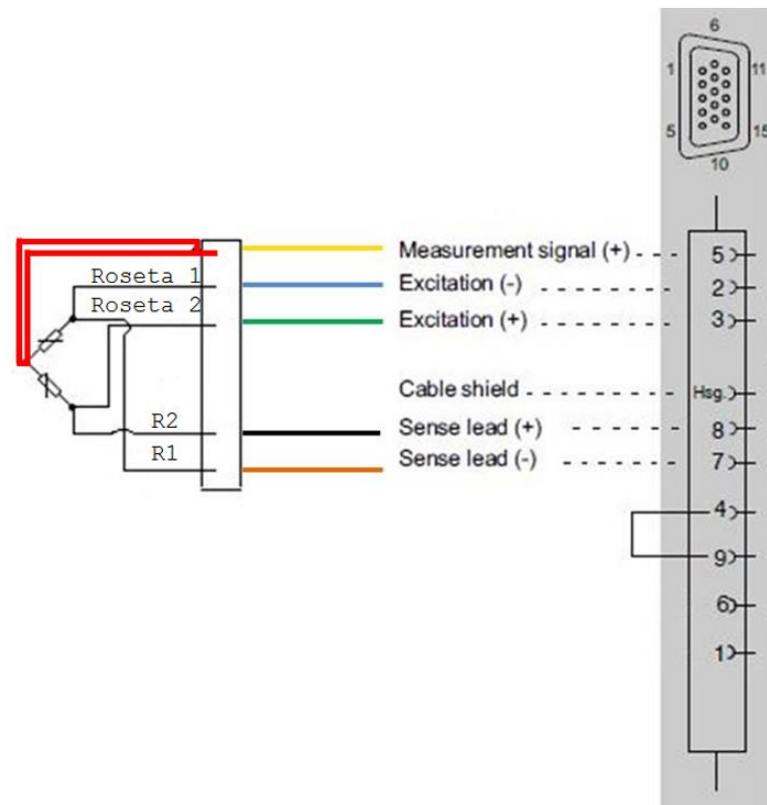


Figura 2. Conexión para 1/2 puente en QuantumX MX440B

Para conectar el QuantumX MX440B a cuarto de puente, se necesitará un adaptador de tres hilos. El adaptador utilizado (SCM-SG120) se conectará a un extensómetro (SG o Strain Gage en inglés) de 120Ω tal como se muestra la siguiente imagen:

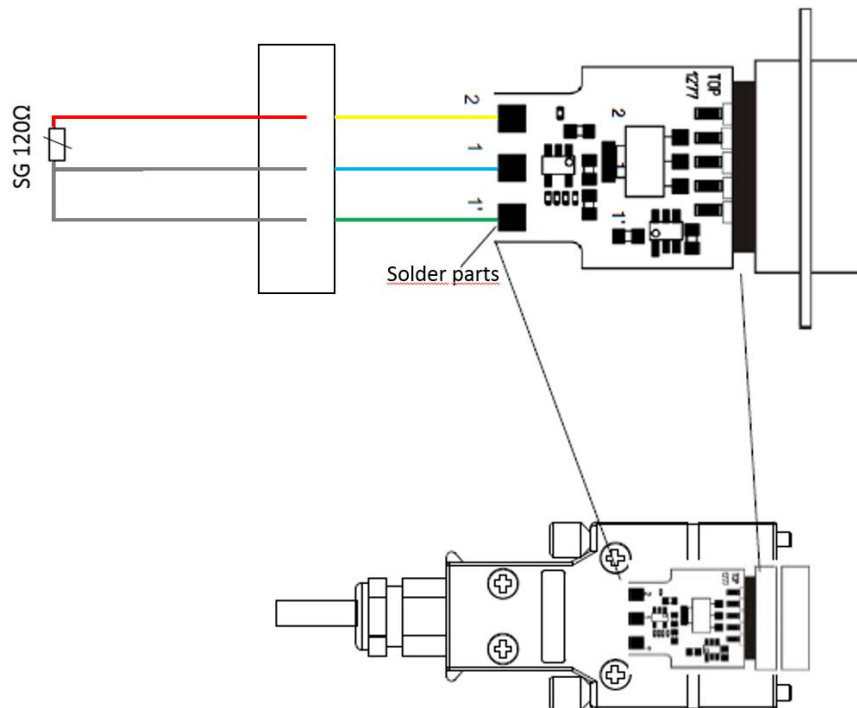


Figura 3. Conexión para 1/4 de puente en QuantumX MX440B

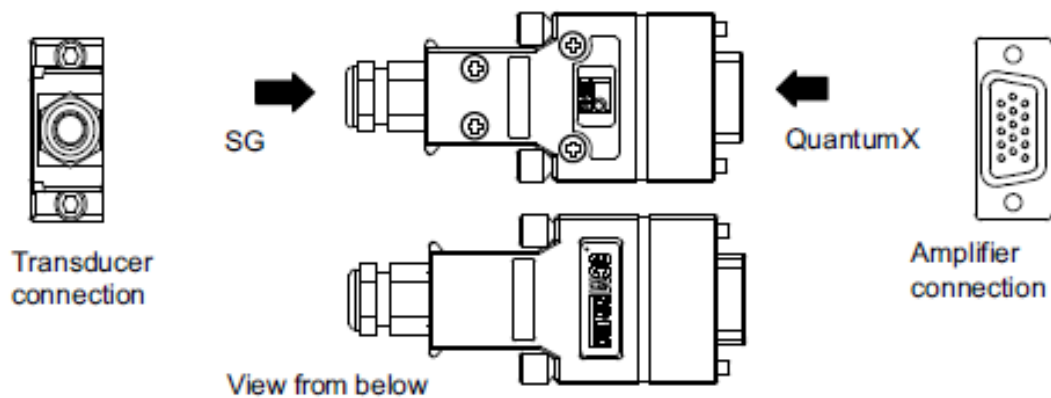


Figura 4. Adaptador SCM-SG120/350 para cuarto de puente

Realización de las medidas

De forma análoga a la configuración descrita para el uso del puente de Wheatstone académico, se dispone de una probeta que trabajará a flexión y sendas bandas extensométricas irán situadas alternativamente en las caras de tracción y de compresión tal y como se observa en la Figura 6.

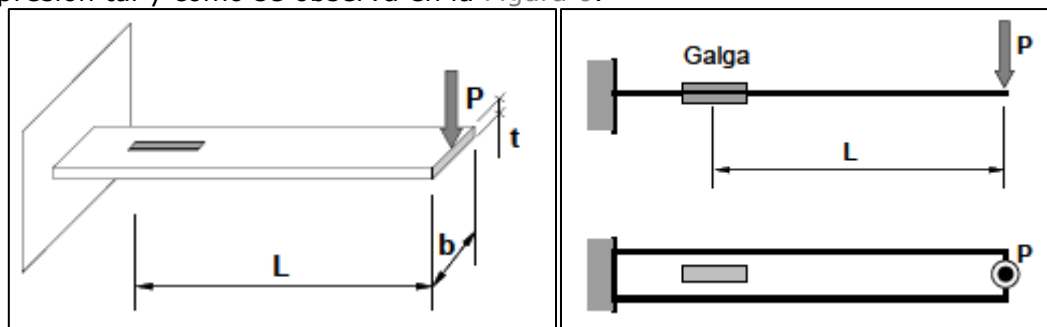


Figura 3. Estructura y dispositivo de medida sobre la probeta

Una vez realizadas las conexiones, se procede a configurar el dispositivo de medida en el software CatmanEasy-AP en el ordenador. El proceso de configuración consiste en determinar el canal de medida, determinar el elemento de conexión (banda extensométrica –con su resistencia óhmica-, transductor potenciométrico o inductivo, termómetro resistivo, etc.), el factor de banda (G_F) y el tipo de conexión ($1/4$ de puente, $1/2$ puente o puente completo).

Además, son configurables otro tipo de parámetros como la frecuencia de obtención de datos o la tipología de representación gráfica de los datos. También es posible crear canales ficticios que realicen operaciones entre los datos de los canales de medida.

Finalmente, es especialmente útil la “puesta a cero” de las medidas iniciales. Puesto que las galgas extensométricas son extremadamente sensibles, es más que probable que la medida inicial de una banda no sea nula. Esto se puede deber a errores en la colocación de la galga, deformaciones térmicas o deformación residual de otros procesos anteriores entre otra multitud de factores.

ANEJO 2: EXTENSOMETRÍA UTILIZANDO EL SPIDER 8

Al margen de la experiencia estrictamente académica, existen equipos profesionales de medición basados en extensometría resistiva que funcionan como amplificador e incorporan, a su vez, el circuito del puente de Wheatstone. En función de cómo se conecte la banda extensométrica sobre el equipo, éste funcionará bajo distintas configuraciones: $\frac{1}{4}$ de puente, $\frac{1}{2}$ puente o puente completo.

Este tipo de equipamientos profesionales pueden ser usados tanto en laboratorio como en obra en condiciones ambientales severas. Estos sistemas de medición son capaces de mantener su precisión en intervalos de temperatura muy amplios. Son más versátiles y robustos que los de uso habitual en el ámbito académico permitiendo la conexión de distintos tipos de transductores. Además, gracias a la incorporación de elementos informáticos (ordenadores, software específicos), la capacidad de almacenamiento y tratamiento de datos ofrece una mayor cantidad de posibilidades. Entonces, parece pertinente familiarizarse con este tipo de equipos que, a la postre, son los que se utilizan en el ámbito profesional.

Equipamiento: *Hardware y software*

En particular, en el laboratorio de RMEE, se dispone de varios equipos de adquisición de datos Spider8 producido y distribuido por la empresa HBM (www.hbm.com). Este equipamiento permite realizar diversos tipos de lecturas de forma simultánea en ocho canales; más allá de bandas extensométricas, permite la conexión de termómetros resistivos, transductores inductivos, pares termoeléctricos y transductores potenciométricos entre otros. Sin embargo, el objeto de la práctica se centra exclusivamente en las bandas extensométricas.



Figura 4. Spider 8

Además del Spider8, para la visualización de resultados, se necesita un PC al que conectar el equipamiento. En este ordenador se necesita instalar el software *CatmanEasy-AP* que permite la visualización en tiempo real de las lecturas que realizan tanto los distintos modelos de Spider8 como otros equipos de medida.

Conexión: $\frac{1}{4}$ puente

El modelo de Spider8 del que se dispone en el laboratorio permite directamente la conexión de bandas extensométricas a $\frac{1}{4}$ puente. Para realizar dichas conexiones correctamente, la Figura 5 se refiere a la conexión de las bandas con el conector macho que requiere este modelo de Spider8.

Hay que recordar en este punto ciertos aspectos acerca del funcionamiento del puente de Wheatstone.

Así pues, visto que:

$$\Delta V_s = \frac{KV_E}{4} [\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4] \quad (1)$$

Y que la rama externa del puente de Wheatstone corresponde a la resistencia **R₁** (banda extensométrica) y las internas (dentro del Spider8 serán las **R₂**, **R₃** y **R₄**, ver Figura 5) la lectura será equivalente a la deformación que perciba la banda extensométrica externa.

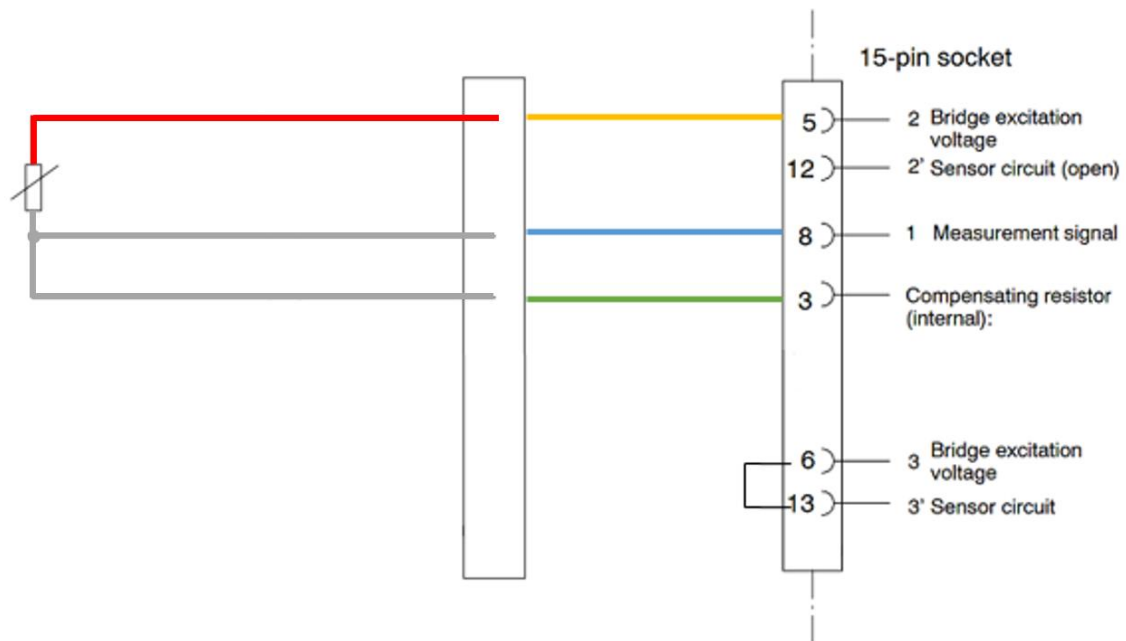


Figura 5. Conexión para 1/4 de puente en Spider8

Realización de las medidas

De forma análoga a la configuración descrita para el uso del puente de Wheatstone académico, se dispone de una probeta que trabajará a flexión y la banda extensométrica estará situada en la pieza de aluminio tal y como se observa en la Figura 6.

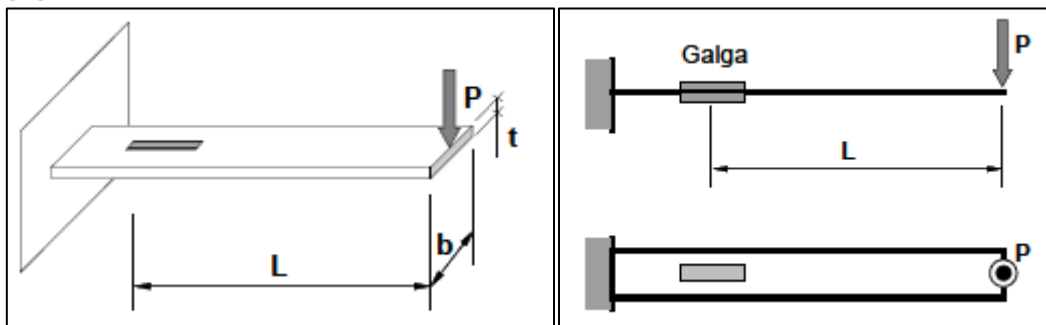
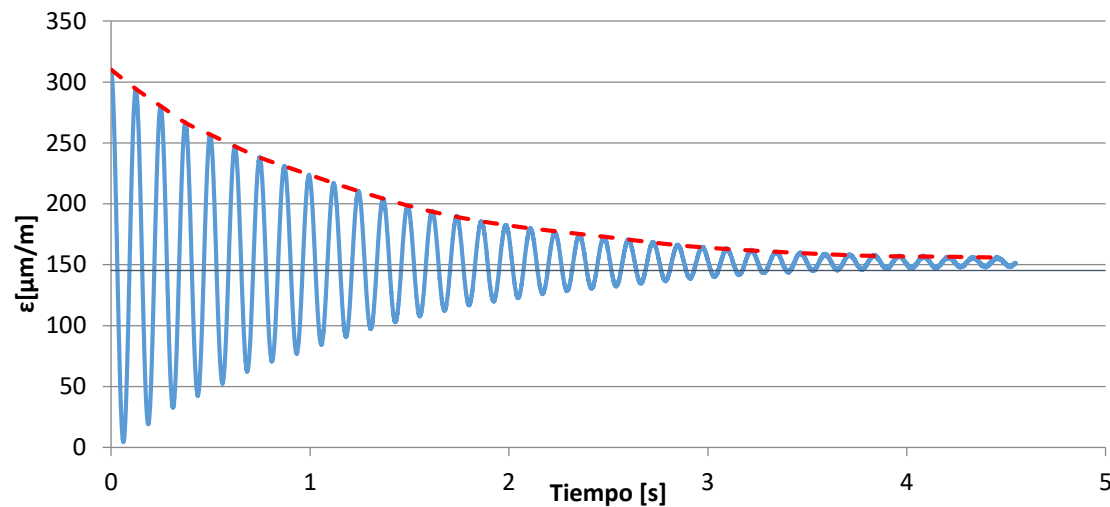


Figura 6. Estructura y dispositivo de medida sobre la probeta

Una vez realizadas las conexiones, se procede a configurar el dispositivo de medida en el software CatmanEasy-AP en el ordenador. El proceso de configuración consiste en determinar el canal de medida, determinar el elemento de conexión (banda extensométrica –con su resistencia óhmica–, transductor potenciométrico o inductivo, termómetro resistivo, etc.), el factor de banda (G_F) y el tipo de conexión ($1/4$ de puente, $1/2$ puente o puente completo).

Además, son configurables otro tipo de parámetros como la frecuencia de obtención de datos o la tipología de representación gráfica de los datos. También es posible crear canales ficticios que realicen operaciones entre los datos de los canales de medida.

Finalmente, es especialmente útil la “puesta a cero” de las medidas iniciales. Puesto que las galgas extensométricas son extremadamente sensibles, es más que probable que la medida inicial de una banda no sea nula. Esto se puede deber a errores en la colocación de la galga, deformaciones térmicas o deformación residual de otros procesos anteriores entre otra multitud de factores.

ANEJO 3: DATOS PARA MASA DE 500G (4800Hz)

Time [s]	ε[μm/m]	Time [s]	ε[μm/m]	Time [s]	ε[μm/m]
0	310,133392	0,01333333	274,441956	0,02583333	191,535248
0,00083333	309,465118	0,01375	271,806549	0,02625	188,578415
0,00125	309,089203	0,01416667	269,340851	0,02666667	185,353409
0,00166667	308,767609	0,01458333	267,719086	0,02708333	182,864136
0,00208333	308,67984	0,015	265,058319	0,0275	179,431
0,00291667	307,48111	0,01541667	262,961395	0,02791667	176,284927
0,00333333	306,582092	0,01583333	260,433624	0,02833333	173,038284
0,00375	305,830902	0,01625	257,488281	0,02875	170,002335
0,00458333	304,758911	0,01666667	255,539688	0,02916667	166,372192
0,005	303,677002	0,01708333	252,661179	0,02958333	162,555374
0,00541667	303,02594	0,01791667	247,442368	0,03041667	157,16597
0,00583333	301,629425	0,01833333	245,176422	0,03083333	153,77681
0,00625	300,425171	0,01875	242,743759	0,03125	149,799103
0,00708333	299,487305	0,01916667	239,858185	0,03166667	146,727997
0,00791667	296,328156	0,02	234,161667	0,0325	140,866608
0,00833333	295,025238	0,02041667	231,119873	0,03291667	138,399155
0,00875	294,267944	0,02083333	228,954422	0,03333333	134,204666
0,00916667	292,426117	0,02125	225,579651	0,03375	131,209427
0,00958333	290,057404	0,02208333	219,573792	0,03458333	124,797997
0,01	289,237671	0,0225	216,672073	0,035	121,782707
0,01041667	286,966431	0,02291667	213,51178	0,03541667	119,052025
0,01083333	285,908112	0,02333333	210,299057	0,03583334	116,220932
0,01125	283,583191	0,02375	207,077225	0,03625	113,00988
0,01166667	281,445984	0,02416667	204,728973	0,03666667	109,852951
0,01208333	279,929474	0,02458333	201,35614	0,03708334	106,715714
0,0125	278,325775	0,025	198,50351	0,0375	103,565941
0,03791667	100,541382	0,06666667	9,2918787	0,09666667	176,164749
0,03833334	97,1505356	0,06708334	9,92810249	0,09708334	179,704742
0,03875	95,1608887	0,0675	9,88465786	0,0975	182,191528
0,03916667	92,4890976	0,06791667	11,585289	0,09833334	188,370636
0,03958334	89,1921234	0,07125	20,2044735	0,10625001	238,792007

Time [s]	$\epsilon[\mu\text{m}/\text{m}]$	Time [s]	$\epsilon[\mu\text{m}/\text{m}]$	Time [s]	$\epsilon[\mu\text{m}/\text{m}]$
0,04	86,3739319	0,07166667	21,9325657	0,10666667	241,62178
0,04041667	83,7908859	0,0725	25,7027588	0,10708334	243,786179
0,04083334	81,1722565	0,07291667	26,8853149	0,10750001	246,194733
0,04125	78,6645355	0,07625	41,772438	0,10833334	250,042816
0,04208334	72,6166458	0,07666667	43,6555023	0,11000001	258,902527
0,04333334	64,962265	0,07708334	45,3688469	0,11041667	260,74234
0,04375	62,1605797	0,0775	47,8958206	0,11083334	263,59082
0,04416667	60,7086983	0,07833334	52,21455	0,11166667	265,630981
0,04458334	57,7534561	0,07875	54,5533485	0,11208334	268,216217
0,04625	48,1575508	0,07916667	56,9853058	0,11250001	270,235809
0,04666667	45,8902779	0,07958334	58,8274879	0,11291667	271,033813
0,04708334	43,9946747	0,08	62,2713127	0,11333334	273,199066
0,0475	42,2450333	0,08041667	64,6367798	0,11375001	274,660583
0,04791667	39,404232	0,08083334	66,7751312	0,11416667	275,957397
0,04833334	37,8505402	0,08166667	71,1819839	0,11500001	278,922974
0,04875	36,008976	0,08208334	73,9464035	0,11541667	279,95108
0,04916667	33,7640457	0,08291667	79,8613968	0,11583334	280,940277
0,05	30,7425747	0,08333334	82,4998932	0,11750001	285,880829
0,05041667	28,7156639	0,08375	84,957634	0,11791667	286,455505
0,05083334	27,4322643	0,08416667	87,2166061	0,11875001	288,249664
0,05125	25,7543278	0,08458334	90,1930389	0,11916667	289,042358
0,05166667	24,1875648	0,08708334	107,203415	0,11958334	289,131989
0,05208334	22,193325	0,08791667	113,450066	0,12000001	290,437103
0,0525	20,8408737	0,08833334	116,537941	0,12041667	291,319153
0,05291667	19,8913498	0,08875	119,924194	0,12083334	291,895081
0,05333334	18,3296204	0,08916667	122,322861	0,12125001	291,764557
0,05625	10,5300655	0,09125	137,233917	0,12208334	292,695526
0,05666667	10,1763229	0,09166667	140,484787	0,12250001	293,494873
0,05708334	9,31881046	0,09208334	143,617874	0,12291667	293,7323
0,05791667	7,16094637	0,0925	146,241013	0,12333334	293,84021
0,05833334	6,86468887	0,09291667	149,484833	0,12416667	294,352295
0,05875	6,907516	0,095	164,568069	0,12458334	293,760284
0,06125	5,34437323	0,09541667	168,139847	0,12500001	293,510681
0,06166667	5,01252985	0,09583334	171,128296	0,12541667	293,475067
0,06208334	5,01288319	0,09625	173,626129	0,12583334	293,684082
0,0625	5,10189247	0,09875	191,331619	0,12625001	292,934753
0,06291667	4,90550661	0,10041667	202,475922	0,12708334	292,081299
0,06333334	5,72601938	0,10083334	205,803711	0,12750001	291,559784
0,06583334	7,34002495	0,10125	208,667831	0,12791667	291,001282
0,06625	7,875319	0,10166667	211,213516	0,12875001	290,315948
0,06875	13,2836237	0,10208334	213,734756	0,13125001	285,030914
0,06916667	13,7239914	0,1025	216,300583	0,13166667	284,475922
0,06958334	14,9587345	0,10291667	219,723999	0,13250001	281,748596
0,07	16,2420444	0,10333334	222,368149	0,13333334	279,415375
0,07083334	19,9777107	0,10375	223,589294	0,13375001	277,930023