



PROGRAMA EDUCATIVO DE MECÁNICA ÁREA INDUSTRIAL

MANUAL DE PRÁCTICAS: INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

(Basado en Competencias Profesionales)

CUERPO COLEGIADO DE DOCTORES Y PROFESORES

Diciembre 2016

ÍNDICE

Página

INTRODUCCIÓN	1
Práctica 1: Conceptos generales y terminología de los instrumentos de medición	2
Práctica 2: Linealización de un Termopar tipo K	12
Práctica 3: Instrumentación y caracterización de una viga en cantiléver mediante una galga.	25
Práctica 4: Linealización de un transmisor de presión S-10.	42

INTRODUCCIÓN

A continuación se presenta un manual de prácticas para el curso Instrumentación Industrial, impartido a los alumnos de Mecánica Área industrial, donde se pretende lograr la competencia: . Identificar las variables a medir y el tipo de norma que aplica para cada instrumento en su operación y ubicación, comprender el procedimiento para seleccionar el instrumento según la variable a medir. Así como el manejo de los instrumentos de medición y tipos de señales de salida y calibración de instrumentos de medición. Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos: la fabricación de los productos derivados del petróleo, de los productos alimenticios, la industria cerámica, las centrales generadores de energía, la siderurgia, los tratamientos térmicos, la industria papelera, la industria textil, etc.

En todos estos procesos, es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, el punto de rocío, etc. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar. En los inicios de la era industrial, la operatoria de los procesos se llevaba a cabo con un control manual de estas variables utilizando sólo instrumentos simples, manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc., control que era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos. Sin embargo, la gradual complejidad con que éstos se han ido desarrollando ha exigido su automatización progresiva por medio de los instrumentos de medición y control. Es por esto que en este manual se propone las siguientes prácticas para tener una visión más general sobre los instrumentos de medición.

Programa educativo: Mecánica área Industrial

Unidad	I.	Asignatura:	Instrumentación Industrial
Práctica N°:	1	Nombre de la práctica:	Conceptos generales y terminología de los instrumentos de medición
Nombre Integrante(s):			
Introducción:	<p>Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos: la fabricación de los productos derivados del petróleo, de los productos alimenticios, la industria cerámica, las centrales generadores de energía, la siderurgia, los tratamientos térmicos, la industria papelera, la industria textil, etc.</p> <p>En todos estos procesos, es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, el punto de rocío, etc. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar. En los inicios de la era industrial, la operatoria de los procesos se llevaba a cabo con un control manual de estas variables utilizando sólo instrumentos simples, manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc., control que era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos. Sin embargo, la gradual complejidad con que éstos se han ido desarrollando ha exigido su automatización progresiva por medio de los instrumentos de medición y control. Estos instrumentos han ido liberando</p> <p>al personal de campo de su función de actuación física directa en la planta y, al mismo tiempo, le han permitido una labor única de supervisión y de vigilancia del proceso desde centros de control situados en el propio proceso o bien en salas aisladas separadas; asimismo, gracias a los instrumentos, ha sido posible fabricar productos complejos en condiciones estables de calidad y de características, condiciones que al operario le serían imposibles o muy difíciles de conseguir, realizando exclusivamente un control manual.</p> <p>Los procesos industriales a controlar pueden dividirse ampliamente en dos categorías: procesos continuos y procesos discontinuos. En general, en ambos tipos deben mantenerse las variables (presión, caudal, nivel, temperatura, etc.), bien en un valor deseado fijo, bien en un valor variable con el tiempo de acuerdo con una relación predeterminada, o bien guardando una relación determinada con otra variable. El sistema de control que permite este mantenimiento de las variables puede definirse como aquel que compara el valor de la variable, o condición a controlar, con un valor deseado y toma una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto.</p>		

Objetivo:

Identificar los instrumentos para emplear sus características en la medición de variables físicas con base a normas

Marco Teórico:

1.1 Campo de medida

El *campo de medida (range)* es el espectro o conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida de recepción o de transmisión del instrumento. Viene expresado estableciendo los dos valores extremos. Ejemplo: un manómetro de intervalo de medida 0- 10 bar, un transmisor de presión electrónico de 0-25 bar con señal de salida 4-20 mA c.c. o un instrumento de temperatura de 100-300 °C. Otro término derivado es el de *dinámica de medida o rangeabilidad (rangeability)*, que es el cociente entre el valor de medida superior e inferior de un instrumento. Por ejemplo, una válvula de control lineal que regule linealmente el caudal desde el 2% hasta el 100% de su carrera tendrá una rangeabilidad de $100/2 = 50$

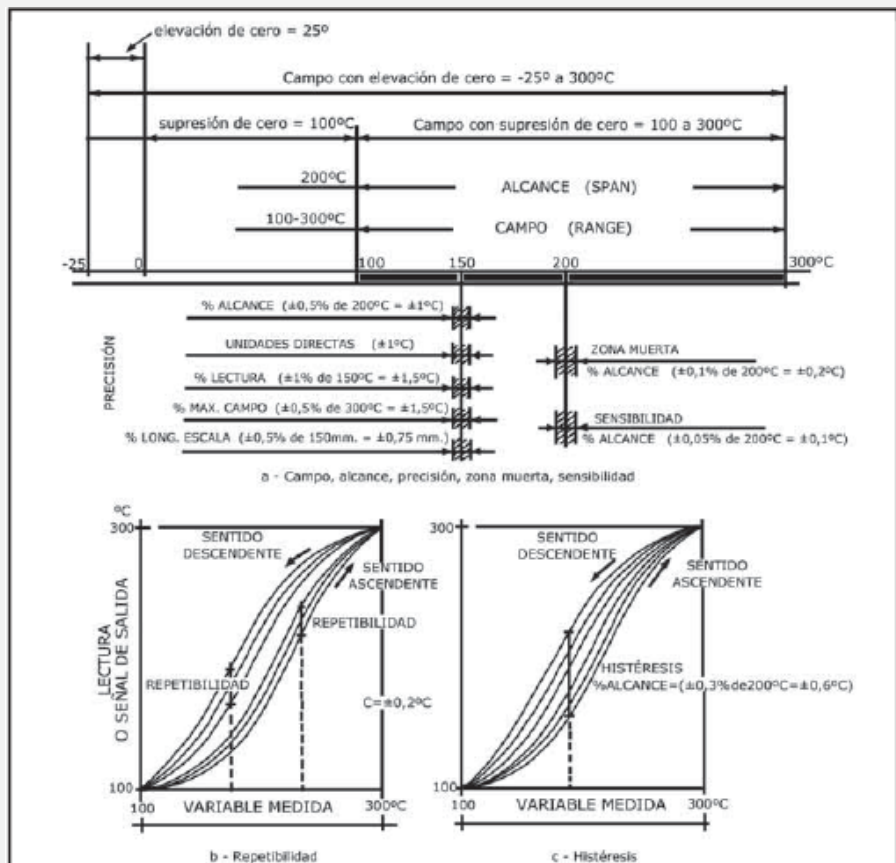


Figura 1.1 Definiciones de los instrumentos.

1.2 Alcance

El *alcance (span)* es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento. En los ejemplos anteriores es de 10 bar para el manómetro, de 25 bar para el transmisor de presión y de 200 °C para el instrumento de temperatura.

1.3 Error

El *error* de la medida es la desviación que presentan las medidas prácticas de una variable de proceso con relación a las medidas teóricas o ideales, como resultado de las imperfecciones de los aparatos y de las variables parásitas que afectan al proceso. Es decir:

$$\text{Error} = \text{Valor leído en el instrumento} - \text{Valor ideal de la variable medida}$$

El error absoluto es:

$$\text{Error absoluto} = \text{Valor leído} - \text{Valor verdadero}$$

El error relativo representa la calidad de la medida y es:

$$\text{Error relativo} = \text{Error absoluto} / \text{Error verdadero}$$

1.3 Incertidumbre de la medida

Cuando se realiza una operación de calibración, se compara el instrumento a calibrar con un aparato patrón para averiguar si el error (diferencia entre el valor leído por el instrumento y el verdadero valor medido con el aparato patrón) se encuentra dentro de los límites dados por el fabricante del instrumento. Como el aparato patrón no permite medir exactamente el valor verdadero (también tiene un error) y como además en la operación de comparación intervienen diversas fuentes de error, no es posible caracterizar la medida por un único valor, lo que da lugar a la llamada incertidumbre de la medida o *incertidumbre (uncertainty)*. Entre las fuentes de incertidumbre se encuentran:

- Influencia de las condiciones ambientales.
- Lecturas diferentes de instrumentos analógicos realizadas por los operadores.
- Variaciones en las observaciones repetidas de la medida en condiciones aparentemente idénticas.
- Valores inexactos de los instrumentos patrón.
- Muestra del producto no representativa. Por ejemplo, en la medida de temperatura con un termómetro patrón de vidrio, la masa del bulbo cambia la temperatura de la muestra del proceso cuya temperatura desea medirse. Así pues, la incertidumbre es la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al verdadero valor de la magnitud medida. En el cálculo de la incertidumbre intervienen la distribución estadística de los resultados de series de mediciones, las características de los equipos (deriva en función de la tensión de

alimentación o en función de la temperatura, etc.), etc. Para que la comparación sea correcta el procedimiento general es que el patrón de medida sea suficiente más preciso que la del aparato que se calibra (relación 4:1 en los sensores de presión - ISA S 37.3).

Para el cálculo de la incertidumbre pueden seguirse varias normas:

- ISO/IEC 17025:2005 *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- G-ENAC-09 Rev 1 Julio 2005: Guía para la expresión de la incertidumbre en los ensayos cuantitativos.
- CEA-ENAC-LC/02 Expresión de la Incertidumbre de Medida en las Calibraciones.
- EAL-R2 *Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration*, 1995.
- GUM (*Guide to the expression of uncertainty in measurement*), conocida también como ISO/TC 213 N 659.

Hay dos incertidumbres A y B presentes en la medición. Las A se relacionan con fuentes de error aleatorios y pueden ser evaluadas a partir de distribuciones estadísticas (lecturas en el instrumento),

mientras que las B están asociadas a errores de tipo sistemático y corresponden a la incertidumbre del calibrador, la resolución del instrumento y la influencia de otras magnitudes (temperatura, campos externos, humedad, posición, etc.) que surgen del control de las condiciones de contraste o de la experiencia previa del operador.

Una vez obtenidos los valores, tanto de la incertidumbre tipo A como la de tipo B , se procede a calcular la incertidumbre combinada:

$$u_c = \sqrt{(u_{\text{tipo } A})^2 + (u_{\text{tipo } B})^2}$$

Y después la incertidumbre expandida

$$U_{\text{expandida}} = K \times u_c$$

Siendo $K = \text{Factor de cobertura o de seguridad}$ que se determina de acuerdo con el nivel de confianza de la incertidumbre, dado en la tabla 1.2 (factor T de Student). Con un nivel de confianza del 95,45% y para un número de valores mayor de 20 es $K = 2$.

Incertidumbre tipo A . La evaluación de la incertidumbre estándar se efectúa por análisis estadístico de una serie de observaciones independientes de la magnitud de entrada, bajo las mismas condiciones de medida. Si no existen componentes evaluadas estadísticamente la evaluación de tipo A corresponde a la repetitividad del instrumento a calibrar.

Considerando que la distribución de probabilidades de las medias de dichas variables es la curva de

Gauss o de distribución normal en forma de campana, la media aritmética es el valor estimado de la variable, mientras que la desviación estándar representa el grado de dispersión de los valores de la variable que se miden repetitivamente.

Así, en una serie de medidas repetitivas de la variable, el valor estimado \bar{x} viene dado por la media

aritmética o promedio de los valores observados:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \text{ con } x_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Y el valor estimado de la varianza experimental:

$$s^2(x) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

La mejor estimación de la varianza de la media aritmética \bar{x} es la varianza experimental de la media aritmética dividida por n . Y así:

$$s^2(\bar{x}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Su raíz cuadrada positiva es la desviación típica experimental de la media aritmética que equivale a la incertidumbre típica.

$$U(\bar{x}) = s(\bar{x})$$

Cuando el número de medidas repetitivas es menor de 10, la desviación típica debe multiplicarse por un factor multiplicador.

Tabla 1 Factor multiplicador del número de medida

Nº de medidas (N)	Factor multiplicador (λ)	Nº de medidas (N)	Factor multiplicador (λ)
2	7	6	1,3
3	2,3	7	1,3
4	1,7	8	1,2
5	1,4	9	1,2

Incertidumbre tipo B. La incertidumbre se determina en base a la información disponible procedente de varias fuentes, tales como:

- Datos de medidas anteriores.
- Experiencia y conocimiento de los instrumentos.
- Especificaciones del fabricante.
- Valores de incertidumbre de manuales técnicos.

1.4 Exactitud

La *exactitud (accuracy)* es la cualidad de un instrumento de medida por la que _ ende a dar lecturas próximas al valor verdadero de la magnitud medida. En otras palabras, es el grado de conformidad de un valor indicado a un valor estándar aceptado o valor ideal, considerando este valor ideal como si fuera el verdadero. El grado de conformidad independiente es la desviación máxima entre la curva de calibración de un instrumento y una curva característica especificada, posicionada de tal modo tal que se reduce al mínimo dicha desviación máxima. La exactitud (*accuracy*) define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio durante un período de tiempo determinado (normalmente 1 año). La exactitud se da en términos de inexactitud, es decir, un instrumento de temperatura de 0-100 °C con temperatura del proceso de 100 °C y que marca 99,98 °C se aproxima al valor real en 0,02 °C, o sea tiene una inexactitud de 0,02 °C.

1.5 Precisión

La *precisión (precision)* es la cualidad de un instrumento por la que tiende a dar lecturas muy próximas unas a otras, es decir, es el grado de dispersión de las mismas. Un instrumento puede tener una pobre exactitud, pero una gran precisión. Por ejemplo, un manómetro de intervalo de medida

de 0 a 10 bar, puede tener un error de cero considerable marcando 2 bar sin presión en el proceso

y diversas lecturas de 7,049, 7,05, 7,051, 7,052 efectuadas a lo largo del tiempo y en las mismas condiciones de servicio, para una presión del proceso de 5 bar. Tendrá un error práctico de 2 bar,

pero los valores leídos estarán muy próximos entre sí con una muy pequeña dispersión máxima de

$7,052 - 7,049 = 0,003$, es decir, el instrumento tendrá una gran precisión.

Por lo tanto, los instrumentos de medida estarán diseñados por los fabricantes para que sean precisos, y como periódicamente se descalibran, deben reajustarse para que sean exactos. A señalar que el término precisión es sinónimo de repetitividad.

1.5 Zona muerta

La *zona muerta* (*dead zone* o *dead band*) es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce su respuesta. Viene dada

en tanto por ciento del alcance de la medida. Por ejemplo: en el instrumento de la figura 1 es de $\pm 0,1\%$, es decir, de $0,1 \times 200/100 = \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.6 Sensibilidad

La *sensibilidad* (*sensitivity*) es la razón entre el incremento de la señal de salida o de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el estado de reposo. Por ejemplo, si en un transmisor electrónico de 0-10 bar, la presión pasa de 5 a 5,5 bar y la señal de salida de 11,9 a 12,3 mA c.c., la sensibilidad es el cociente:

$$\frac{(12,3-11,9)/(20-4)}{(5,5-5)/10} = \pm 0,5 \text{ mA c.c./bar}$$

Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida. Si la sensibilidad del instrumento de temperatura de la figura 1.3 es de $\pm 0,05\%$, su valor será de $0,05 \times 200 = \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.7 Repetibilidad

La *repetibilidad* (*repeatability*) es la capacidad de reproducción de las posiciones de la pluma o del índice o de la señal de salida del instrumento, al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo. La repetibilidad es sinónimo de precisión. A mayor repetibilidad, es decir, a un menor valor

numérico (por ejemplo, si en un instrumento es 0,05% y en otro es 0,005%, este segundo tendrá más repetibilidad), los valores de la indicación o señal de salida estarán más concentrados, es decir, habrá menos dispersión y una mayor precisión.

1.8 Histéresis

La *histéresis* (*hysteresis*) es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice o la pluma del instrumento o la señal de salida para el mismo valor cualquiera del campo de

medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente. Se expresa en tanto por ciento del alcance de la medida. Por ejemplo: si en un termómetro de 0-100%,

para el valor de la variable de 40 $^\circ\text{C}$, la aguja marca 39,9 $^\circ\text{C}$ al subir la temperatura desde 0 $^\circ\text{C}$, e indica 40,1 $^\circ\text{C}$ al bajar la temperatura desde 100 $^\circ\text{C}$, el valor de la histéresis es de:

Cuestionario

Investigue conteste cada una de las preguntas que se plantean a continuación

1.- De los equipos del taller mecánico diga cuales utilizan instrumentos ciegos (Dar la definición de este instrumento, Poner el nombre del instrumento y la fotografía de éste)

2.- De los equipos del taller mecánico diga cuales utilizan instrumentos indicadores (poner la definición de este instrumento, Poner el nombre del instrumento y la fotografía de éste)

3.- De los equipos del taller mecánico diga cuales utilizan instrumentos Registradores (poner la definición de este instrumento, Poner el nombre del instrumento y la fotografía de éste)

4.- Defina que es un transductor y su clasificación, ponga una fotografía para cada uno de ellos

5.- Defina que es un convertidor y su clasificación, ponga una imagen de cada uno de ellos.

6.- Defina que es un receptor y su clasificación, ponga una imagen de cada uno de ellos.

7.- Defina que son los controladores y su clasificación, ponga una imagen de cada uno de ellos.

8.- De acuerdo a la norma **ISA-S5.1-84 Cuales son los códigos de identificación de los instrumentos.**

9.- Diga cuales son los instrumentos que se tienen en la siguiente figura

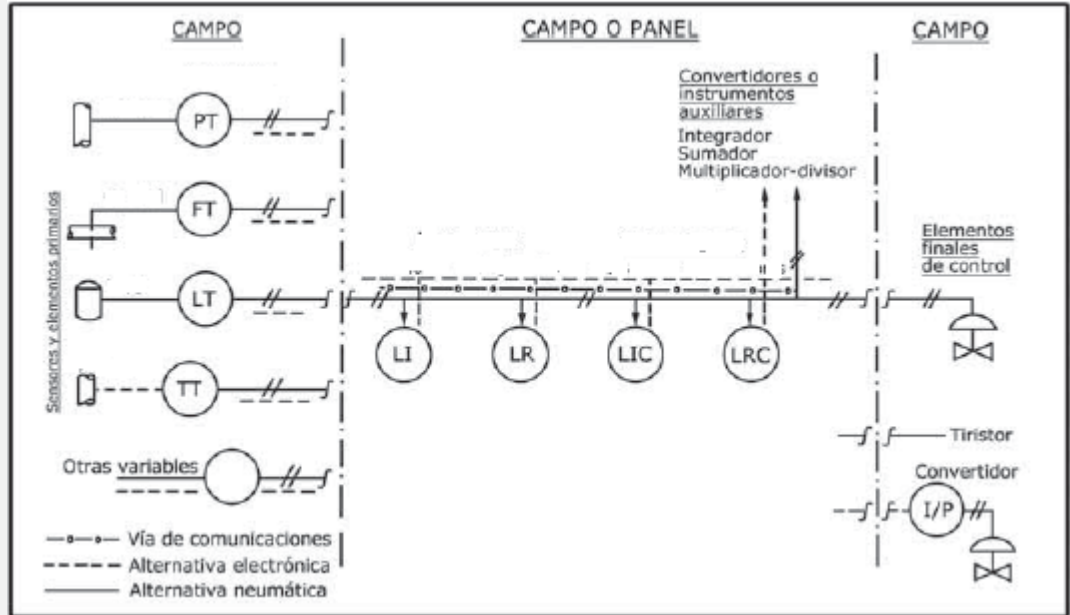


Figura 1 Instrumentos de medición

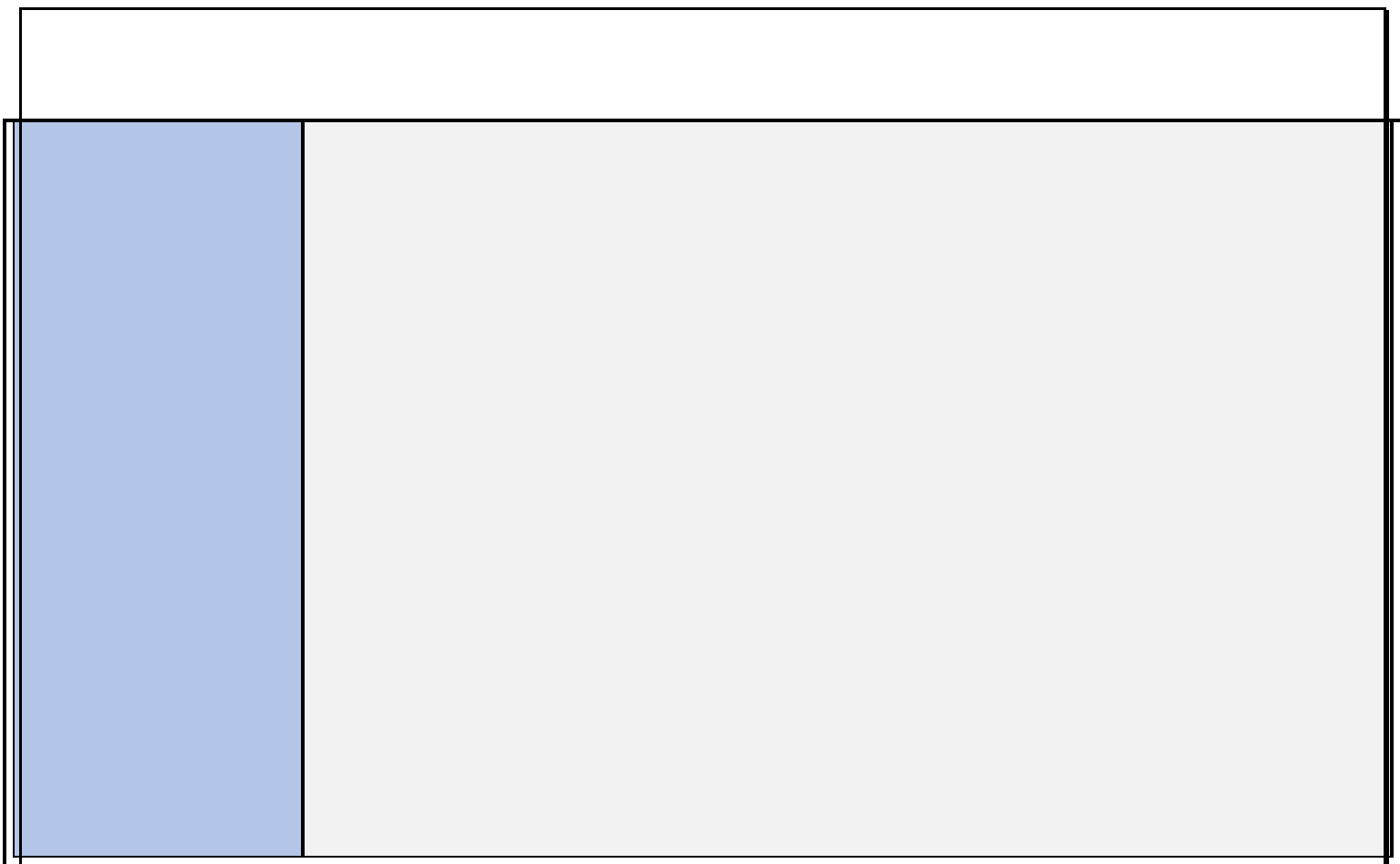
10.- Diga cuales son los símbolos que se emplean en los planos y dibujos de representación de instrumentos.

11.- Cuales son las abreviaturas que se sugieren para representar el tipo de alimentación (o bien de purga)

Conclusiones(alumno)

- 1.- Smith. Corripio *Control Automático de Procesos*
- 2.- Benjamin C. Kuo *Sistemas de Control Automático*
- 3.- Antonio Creus "Instrumentación Industrial"

Bibliografía



Programa educativo: Mecánica área Industrial

Unidad	II.	Asignatura:	Instrumentación Industrial
Práctica N°:	2	Nombre de la práctica:	Linealización de un termopar tipo K
Nombre Integrante(s):			
Introducción:	Un termopar es un a sensor para medir temperatura. Consiste en dos metales diferentes unidos por un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría se produce un voltaje que se puede correlacionar con la temperatura. Las aleaciones de termopar están disponibles por lo normal en forma de alambre.		
Objetivo:	Conocer el principio de funcionamiento del termopar tipo K para que posteriormente poder hacer la linealización mediante el método de mínimos cuadrados.		

Marco Teórico:

En la instrumentación eléctrica de temperatura en el sector industrial se utilizan principalmente dos grupos de sensores:

- Termorresistencia (RTD)
- Termopares (TC)

Ambos tipos de sensores tienen sus ventajas y desventajas. El punto fuerte de las termorresistencias -mayormente Pt100- se encuentra en el rango de temperatura inferior hasta media (-200... +600 °C). Los termopares, por el contrario, tienen sus ventajas (con solo algunas excepciones) en el rango de temperaturas (-200 hasta 1600 °C). Algunos termopares pueden registrar temperaturas aún más elevadas (tungsteno-renio, oro-platino o platino-paladio).

Un termopar consta de dos filamentos de materiales diferentes, unidos en un extremo para formar un termopar, constituyendo el nodo de unión el punto de medición. Figura 1.2

Al calentarse el punto de medición, se mide en los extremos de los filamentos (zona fría) una tensión que es aproximadamente proporcional a la temperatura del punto de medición. Figura 1.1

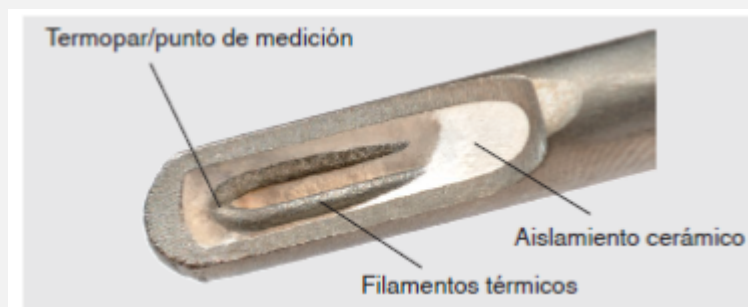


Figura 1.1. Filamentos de un termopar

Dicha tensión (FEM = fuerza electro-motriz) se produce por un lado debido a la diferente densidad de electrones de ambos materiales metálicos (diferentes) utilizados en los filamentos, y por otro lado debido a la diferencia de temperatura entre el punto de medición y la zona fría. Esto significa que un termopar no mide la temperatura absoluta, sino la temperatura diferencial entre el:










- T1: punto de medición (hot junction)
- T2: zona fría (cold junction)

Dado que la medición de la tensión se realiza frecuentemente a temperatura ambiente, la tensión indicada sería inferior en un valor equivalente a la tensión de la temperatura ambiente. Para obtener el valor absoluto de la temperatura del punto de medición se aplica la llamada "compensación de la zona fría". Ello se logró en el pasado (y aún hoy en día en el laboratorio de calibración) mediante un baño de hielo, al cual se sometía la toma del instrumento medidor.

de la tensión en la zona fría del termopar. Los instrumentos actuales con entrada para termopar (p. ej. transmisores, medidores manuales o dispositivos para montaje en paneles, etc.) llevan incorporada una compensación electrónica de zona fría en su circuito. En la Tabla 1.1 se muestra la polaridad de los termopares



Figura 1.2. Representación gráfica de un termopar.

Tipo termopar	Metales	Rango temperatura
B 	+ Platino – 30% Rodio - Platino – 6% Rodio	0 ÷ 1700 °C
C 	+ Tungsteno – 5% Renio - Tungsteno – 26% Renio	0 ÷ 2320 °C
E 	+ Níquel – Cromo - Cobre – Níquel	-200 ÷ 900 °C
J 	+ Hierro - Cobre – Níquel	0 ÷ 750 °C
K 	+ Níquel – Cromo - Níquel – Aluminio	-200 ÷ 1250 °C
N 	+ Níquel – 14,2% Cromo – 1,4% Silicio - Níquel – 4,4% Silicio – 0,1% Magnesio	-200 ÷ 1250 °C
R 	+ Platino – 13% Rodio - Platino	0 ÷ 1450 °C
S 	+ Platino – 10% Rodio - Platino	0 ÷ 1450 °C
T 	+ Cobre - Cobre – Níquel	-200 ÷ 350 °C

Tipos de Termopares

Un termopar es un sensor para medir temperatura. Consiste en dos metales diferentes unidos por un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría se produce un voltaje que se puede correlacionar con la temperatura. Las aleaciones de termopar están disponibles por lo normal en forma de alambre.

Un termopar está disponible en diferentes combinaciones de metales o calibraciones. Las cuatro calibraciones más comunes son J, K, T y E. Hay calibraciones de alta temperatura que son R, S, C y GB. Cada calibración tiene un diferente rango de temperatura y ambiente, aunque la temperatura máxima varía con el diámetro del alambre que se usa en el termopar. Aunque la calibración de termopar dicta el rango de temperatura, el rango máximo también está limitado por el diámetro del alambre de termopar. Esto es, un termopar muy delgado posiblemente no alcance todo el rango de temperatura.

Tabla 1: tipos de termopares.

Tipo de termopar	Materiales	Rango normal
J	Hierro – Constantan	-190 °C a 760 °C
T	Cobre – Constantan Cobre – (Cobre-Níquel)	-200 °C a 370 °C
K	Cromel – Alumel (Cromo – Níquel) – (Aluminio-Níquel)	-190 °C a 1.260 °C
E	Cromel – Constantan	-100 °C a 1.260 °C
S	(90 % Platino + 10 % Rodio) – Platino	0 °C a 1.480 °C
R	(87 % Platino + 13 % Rodio) – Platino	0 °C a 1.480 °C

COBRE – CONSTANTANO (TIPO T)

Están formados por un alambre de cobre como conductor positivo y una aleación de 60% de cobre y 40% de níquel como elemento conductor negativo. Tiene un costo relativamente bajo, se utiliza para medir temperaturas bajo o 0 °C. Y como límite superior se puede considerar los 350° C, ya que el cobre se oxida violentamente a partir de los 400° C. El cable azul es el positivo (+) y el rojo el negativo (-). Como se muestra en la figura 1.3.



FIGURA 1.3 Termopar tipo T

HIERRO – CONSTANTANO (TIPO J)

En este tipo de junta el hierro es electropositivo y el constantano electronegativo. Mide temperaturas superiores que el anterior ya que el hierro empieza a oxidarse a partir de los 700° C. No se recomienda su uso en atmósfera donde exista oxígeno libre. Tiene un costo muy bajo y esto permite que su utilización sea generalizada. El cable blanco es el positivo (+) y el rojo el negativo (-). Figura 1.4.



FIGURA 1.4 Termopar tipo J

CHROMEL – ALUMEL (TIPO K)

Una aleación de 90% de níquel y 10% de cromo es el conductor positivo y un conductor compuesto de 94% de níquel, 2% de Aluminio, 3% de manganeso y 1% de Silicio como elemento negativo. Este termopar puede medir temperaturas de hasta 1200° C. Ya que el níquel lo hace resistente a la oxidación. Se los utiliza con mucha frecuencia en los hornos de tratamientos térmicos. Su costo es considerable lo que limita su utilización. El cable amarillo es el positivo (+) y el rojo es el negativo (-). Figura 1.5.



FIGURA 1.5 termopar tipo k

PLATINO RODIO – PLATINO (TIPO R)

Tienen como conductor negativo un alambre de platino y como conductor positivo una aleación de 87% de platino con 13% de sodio. Este tipo de junta desarrollada últimamente con materiales de alta pureza son capaces de medir hasta 1500° C si se utilizan las precauciones debidas.

Son muy resistentes a la oxidación pero no se aconseja su aplicación en atmósferas reductoras por su fácil contaminación con el hidrógeno y nitrógeno que modifican la respuesta del instrumento. El cable negro es el positivo (+) y el rojo el negativo (-). Figura 1.6

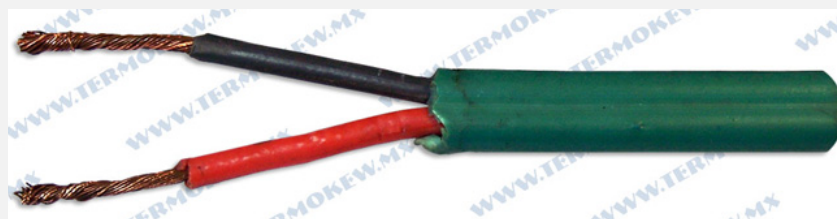


FIGURA 1.6 termopar tipo R

PLATINO RODIO – PLATINO (TIPO S)

El conductor positivo es una aleación de 90% de platino y 10% de Rodio mientras que el conductor negativo es un alambre de platino. Sus características son casi similares al termopar anterior con la diferencia que no puede usarse a temperaturas elevadas porque los metales no son de alta pureza produciendo alteraciones de la lectura a partir de los 1000° C. en adelante. El cable negro es el positivo (+) y el rojo es el negativo (-). Figura 1.7

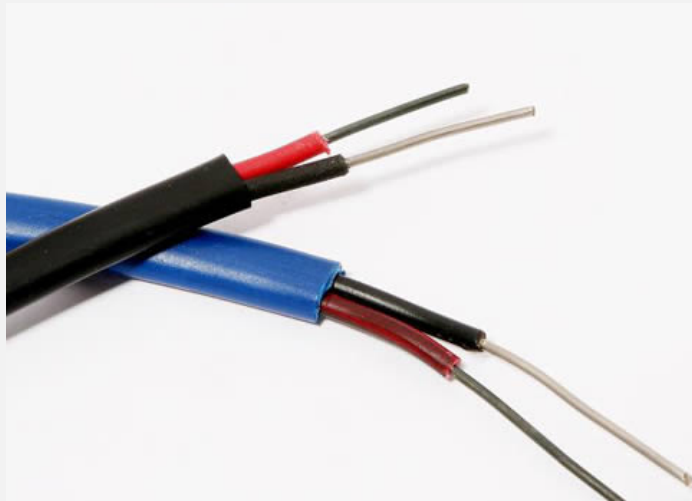


FIGURA 1.7 termopar tipo S

TIPO B (PT-RH)

Son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1800 °C. Los tipos B presentan el mismo resultado a 0 °C y 42 °C debido a su curva de temperatura/voltaje, limitando así su uso a temperaturas por encima de 50 °C. El cable gris es el positivo (+) y el rojo el negativo (-). Figura 1.7.



FIGURA 1.7 termopar tipo B

TIPO E (CROMEL/CONSTANTÁN [ALEACIÓN DE CU-NI])

No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. El cable morado es el positivo (+) y el rojo es el negativo (-). Figura 1.7.



FIGURA 1.7 termopar tipo E

A continuación se muestran los límites de temperatura y la exactitud del termopar en las Tablas 2.

Tabla 1.2

Límite de Temperatura VS Calibre									Exactitud del termopar				
Tipo Calibre	J	K	T	E	R	S	B	N	Tipo	Termopar grado Estándar Rango	Error	Termopar grado Especial Rango	Error
AWG 8	760°C	1260°C	---	871°C	---	---	---	1260°C	J	0 a 293° C	±2.2° C	0 a 275°C	±1.1°C
	1400°F	2300°F	---	1600°F	---	---	---	2300°F		293 a 760° C	±0.75 %	275 a 760°C	±0.40%
AWG14	593°C	1093°C	---	649°C	---	---	---	1093°C	K	-200 a -100° C	±2.00 %	0 a 275°C	1.1°C
	1100 °F	2000 °F	---	1200 °F	---	---	---	2000°F		-100 a 0° C	±2.2° C	275 a 1250°C	0.40%
AWG20	482°C	982°C	260°C	538°C	---	---	---	982°C	T	0 a 293° C	±2.2° C	0 a 125°C	0.5°C
	900°F	1800°F	500°F	1000°F	---	---	---	1800°F		293 a 1250° C	±0.75 %		
AWG24	371°C	871°C	204°C	427°C	1482°C	1482°C	1705°C	---	E	-200 a -67° C	±1.50 %	125 a 350°C	0.40%
	700°F	1600°F	400°F	800°F	2700°F	2700°F	3100°F	---		-67 a 0° C	±1° C		
AWG30	371°C	871°C	204°C	427°C	---	---	---	---	R	0 a 133° C	±1° C	0 a 600°C	0.6°C
	700°F	1600°F	400°F	800°F	---	---	---	---		133 a 350° C	±0.75 %		
	371°C	871°C	204°C	427°C	---	---	---	---	S	-200 a 170° C	±1.00 %	0 a 250°C	1.0°C
	700°F	1600°F	400°F	800°F	---	---	---	---		-170 a 0° C	±1.7° C		
	371°C	871°C	204°C	427°C	---	---	---	---	B	0 a 340° C	±1.7° C	250 a 900°C	0.40%
	700°F	1600°F	400°F	800°F	---	---	---	---		340 a 900° C	±0.75 %		
	371°C	871°C	204°C	427°C	---	---	---	---	N	0 a 600° C	±1.5° C	---	---
	700°F	1600°F	400°F	800°F	---	---	---	---		600 a 1450° C	±0.25 %	600 a 1450°C	0.10%
	371°C	871°C	204°C	427°C	---	---	---	---		0 a 600° C	±1.5° C	0 a 600°C	0.6°C
	700°F	1600°F	400°F	800°F	---	---	---	---		600 a 1450° C	±0.25 %	600 a 1450°C	0.10%
	371°C	871°C	204°C	427°C	---	---	---	---		0 a 600° C	±1.5° C	0 a 600°C	0.6°C
	700°F	1600°F	400°F	800°F	---	---	---	---		600 a 1450° C	±0.25 %	600 a 1450°C	0.10%
	371°C	871°C	204°C	427°C	---	---	---	---		800 a 1700° C	±0.50 %	---	---
	700°F	1600°F	400°F	800°F	---	---	---	---		0 a 1250° C	±0.75 %	0 a 1250°C	0.40%

Graficas de los termopares

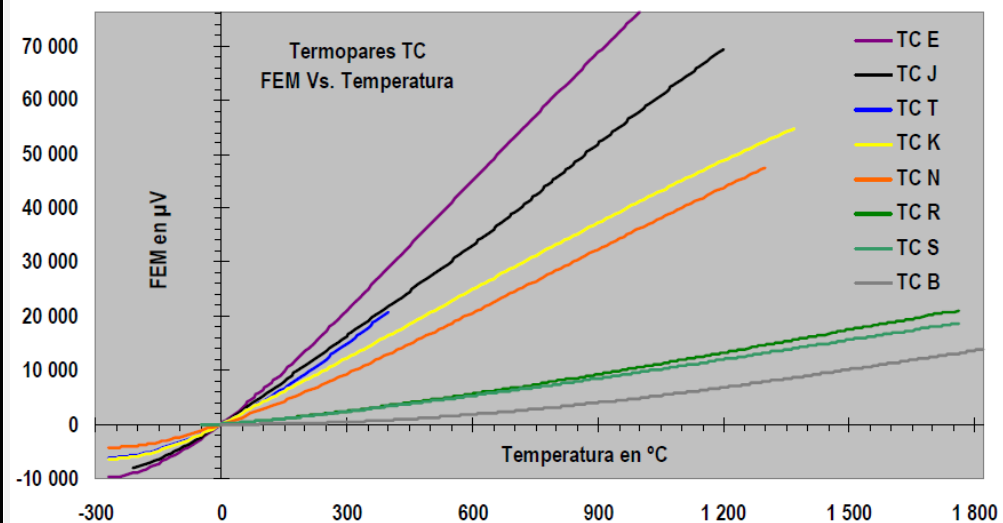


Figura1.8 Grafica de los termopares.

2.3 Normas aplicadas al termopar.

Norma. IEC 60584-1:2013

Termopares - Parte 1: especificaciones y tolerancias EMF

IEC 60584-1: 2013 especifica las funciones de referencia y tolerancias para los termopares carta-señalado (Tipos R, S, B, J, T, E, K, N, C y A). Las temperaturas están expresadas en grados centígrados basado en la Escala Internacional de Temperatura de 1990, SU-90 (símbolo t_{90}) y el (símbolo E) EMF es en micro voltios. Las funciones de referencia son polinomios que expresan la EMF, E en V, como una función de t_{90} la temperatura en $^{\circ}C$ con las uniones de referencia del termopar a $0^{\circ}C$. Los valores de los campos electromagnéticos en intervalos de $1^{\circ}C$ se tabulan en el Anexo A. Esta tercera edición anula y sustituye a la segunda edición publicada en 1995 y constituye una revisión técnica. Incluye los siguientes cambios:

- IEC 60584-1: 1995 y la norma IEC 60584-2: 1982 se han fusionado;
- El estándar se basa ahora explícitamente en los polinomios de referencia que expresan EMF termopar como funciones de la temperatura. Las tablas derivadas de los polinomios se dan en el Anexo A;
- Polinomios inversas expresan TC como funciones de la temperatura EMF se dan en el anexo B, pero las tablas inversas no se les da;
- La gama del polinomio que relaciona la EMF de los termopares tipo K se limita a $1300^{\circ}C$;
- valores de los coeficientes Seebeck se dan a intervalos de $10^{\circ}C$;

- datos termoeléctricas (EMF y termo potencia) se dan en los puntos fijos de las ITS-90;
- Una cierta dirección figura en el Anexo C con respecto a los límites superiores de temperatura y condiciones ambientales de uso de cada tipo de termopar.

Norma. IEC 60584-2: 1982

Termopares. Parte 2: Tolerancias

Contiene las tolerancias de fabricación para los dos termopares de metales nobles y de base fabricados de acuerdo con f.e.m. relaciones de temperatura de la Parte 1 de la norma. Los valores de tolerancia son para un termopar fabricado a partir de alambres normalmente en el intervalo de diámetro de 0,25 mm a 3 mm, como se entrega al usuario y no permitir proyecto de calibración durante el uso.

Norma. ASTM E230

Clases de tolerancia para los termopares de acuerdo con la norma ASTM E230 / E230M-12. La norma internacional IEC 60584: 2013 es un estándar en paralelo, pero consciente de que tanto tolerancias y rangos de temperatura podrían ser diferentes de los de la norma ASTM.

Tenga en cuenta que las tolerancias prescritas son válidas para el material termopar no Usado. Se muestra en la tabla 1.3.

Tabla 1.3

Thermocouple type	Special tolerances (°C)	Standard tolerances (°C)	Standard tolerances (°C)
R & S			
Temperature range	0 < T < 1480	0 < T < 1480	
The greater of...	± 0.6 $\pm 0.001 \cdot T$	± 1.5 $\pm 0.0025 \cdot T$	-
B			
Temperature range	870 < T < 1700	870 < T < 1700	
Tolerance	$\pm 0.0025 \cdot T$	$\pm 0.005 \cdot T$	-
J			
Temperature range	0 < T < 760	0 < T < 760	
The greater of...	± 1.1 $\pm 0.004 \cdot T$	± 2.2 $\pm 0.0075 \cdot T$	-
T			
Temperature range	0 < T < 370	0 < T < 370	-200 < T < 0
The greater of...	± 0.5 $\pm 0.004 \cdot T$	± 1 $\pm 0.0075 \cdot T$	± 1 $\pm 0.015 \cdot T$
E¹			
Temperature range	0 < T < 870	0 < T < 870	-200 < T < 0
The greater of...	± 1.0 $\pm 0.004 \cdot T$	± 1.7 $\pm 0.005 \cdot T$	± 1.7 $\pm 0.01 \cdot T$
K & N			(K only)
Temperature range	0 < T < 1260	0 < T < 1260	-200 < T < 0
The greater of...	± 1.1 $\pm 0.004 \cdot T$	± 2.2 $\pm 0.0075 \cdot T$	± 2.2 $\pm 0.01 \cdot T$
C			
Temperature range	-	0 < T < 2315	-
Tolerance	-	$\pm 0.01 \cdot T$	-
Reference junction 0°C			
<small>Updated 2014-10-10</small>			

Equipo/material:

A continuación se listan los materiales y equipos para el desarrollo de la práctica.

- 1.- Termopar tipo K.
- 2.- Multímetro Con entrada para termopar tipo K.
- 3.- Instrunet I555
- 4.- Mechero
- 5.- Lata de aluminio o metal con la parte superior abierta.

Procedimiento:

- 1.- Calentar el agua.
- 2.- Hacer mínimo 10 mediciones del cambio de la temperatura cada 2 minutos.
- 3.- Mediante el método de mínimos cuadrados obtener la ecuación característica de termopar.
- 4.- Grafique la tabla de mediciones obtenidas Temperatura contra tiempo.
- 5.- Grafique la ecuación característica y compare esta grafica con la del punto 4.

Cuestionario:

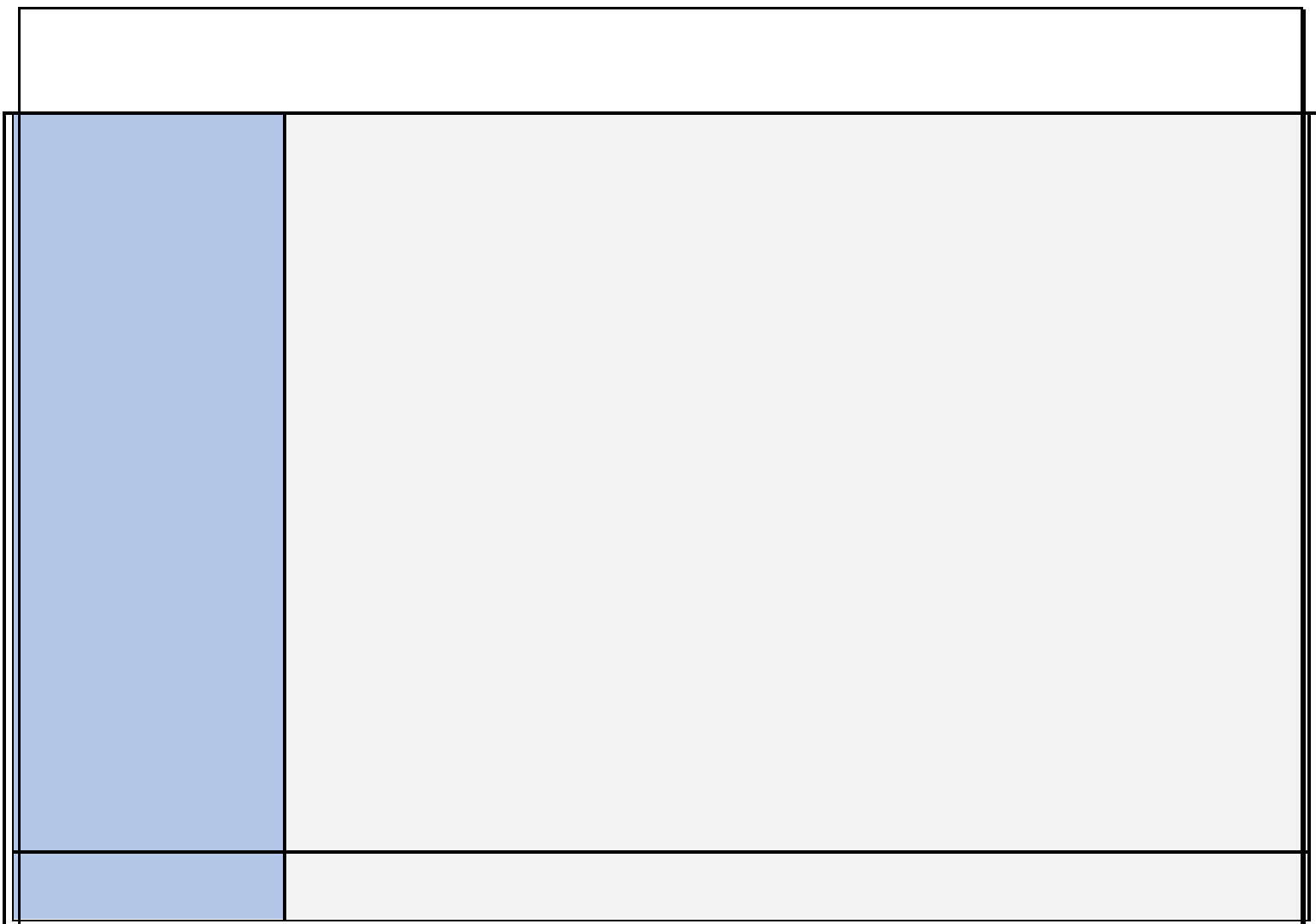
- 1.- Cuales son los tipos de termopares que existen.
- 2.- Cuál es el tipo de metal del que está hecho el termopar tipo K.
- 3.- Cuál es el rango de medición del termopar tipo K.
- 4.- Describe el principio de funcionamiento del termopar.
- 5.- Antes del acondicionamiento de la señal de la salida del termopar, qué es lo que podemos medir en el extremo del termopar.

Resultados(alumno)

Conclusiones(alumno)

Bibliografía

- 1.- Miguel Ángel Pérez García "Instrumentación Electrónica"
- 2.- <http://eprints.uanl.mx/5986/1/1020070555.PDF>
- 3.- [http://de-de.wika.de/upload/DS_IN0023 es es 62452.pdf](http://de-de.wika.de/upload/DS_IN0023_es_es_62452.pdf)



Programa educativo

Unidad	II.	Asignatura:	Instrumentación industrial
Práctica N°:	3	Nombre de la práctica:	Instrumentación y caracterización de una viga en cantiléver mediante una galga.
Nombre Integrante(s):			
Introducción:	<p>Una galga (Strain Gage) es una malla Resistiva perfectamente adherida a una superficie para la transferencia de deformación. Los esfuerzos de tensión compresión producen un cambio en la resistencia.</p> <p>Para poder medir la magnitud eléctrica de los strain gages se usa la configuración de puente de Wheatstone.</p> <p>Es un montaje eléctrico con cuatro resistencias, se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia bajo medida.</p>		
Objetivo:	<p>El alumno conocerá el funcionamiento y aplicación de las galgas extensométricas. Cementar una galga extensométrica de tipo resistivo y posteriormente hacer el análisis de una viga en cantiléver, para la obtención de la ecuación característica de la misma.</p>		

Marco Teórico:

Esfuerzo normal

El objetivo de cualquier análisis de resistencia es establecer la seguridad. Lograr esto requiere que el esfuerzo que se produzca en el material del miembro que se analiza este por debajo de un cierto nivel de seguridad.

“Esfuerzo es la resistencia interna que ofrece un área unitaria del material del que está hecho un miembro para una carga aplicada externa”

Nos interesamos en lo que sucede dentro de un miembro que soporta carga. Debemos determinar la magnitud de fuerza que se ejerce sobre cada área unitaria del material. El concepto de esfuerzo puede expresarse matemáticamente como:

$$\text{Esfuerzo} = \text{fuerza} / \text{área} = F/A$$

En algunos casos, como se describe en la siguiente sección que trata del esfuerzo normal directo, la fuerza aplicada se reparte uniformemente en la totalidad de la sección transversal del miembro. En el caso de esfuerzo debido a flexión; el esfuerzo variara en los distintos lugares de la misma sección transversal. Entonces, es esencial que usted considere el nivel de esfuerzo en un punto.

Esfuerzo normal directo

Uno de los tipos más fundamentales de esfuerzo es el esfuerzo normal, denotado por la letra griega minúscula σ (sigma), en donde el esfuerzo actúa de manera perpendicular, o normal, a la sección transversal del miembro de la carga. Si el esfuerzo es también uniforme sobre el área de resistencia, el esfuerzo se conoce como esfuerzo normal directo.

Los esfuerzos normales pueden ser de compresión o de tensión, un esfuerzo de compresión es aquel que tiende a aplastar el material del miembro de la carga, y a acortar al miembro en sí. Un esfuerzo de tensión es aquel que tiende a estirar al miembro y romper el material.

Deformación unitaria

Todo miembro de carga se deforma por la influencia de la carga aplicada. El eje cuadrado del pedestal de apoyo de la figura 1 se acorta cuando sobre él se coloca equipo pesado. Las varillas que soportan la pieza de fundición de la figura 1 se alargan al colgar de ellas la pieza de fundición.

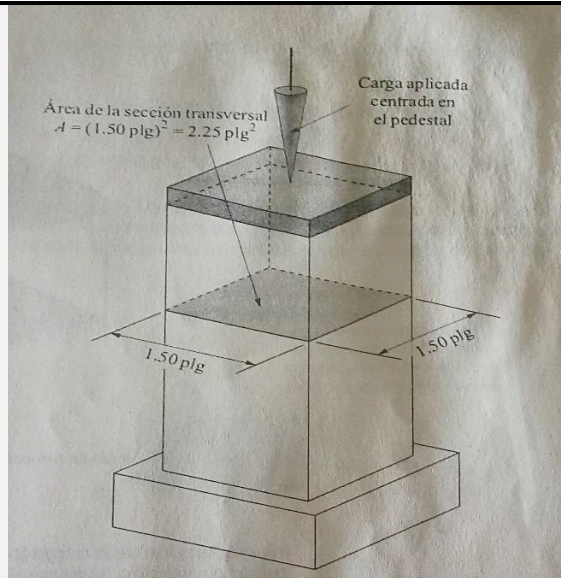


Figura 1. Ejemplo de esfuerzo de compresión

La deformación total del miembro de carga puede, desde luego, ser medido. La figura 2 nos muestra una fuerza de tensión axial de 10000 Lb aplicada a una barra de aluminio con un diámetro de 0.75 in. Antes de aplicar la carga, la longitud de la barra de 10 in. Luego de aplicar la carga, la longitud es de 10.023 in, por consiguiente, la deformación total es de 0.023 in.

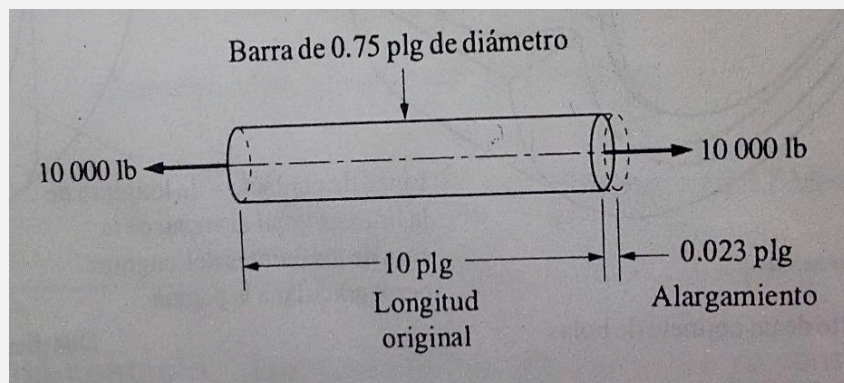


Figura 2. Alargamiento en una barra a tensión.

La deformación que también se conoce como deformación unitaria, se obtiene dividiendo la deformación total entre la longitud original de la barra. La deformación se denota con la letra griega minúscula epsilon (ϵ):

Deformación= ϵ = deformación total / longitud original.

3.3 Deformación de Poisson

Si se remite a la figura 3 podrá obtener una comprensión más completa de la deformación de un miembro sujeto a esfuerzos normales. El elemento que se muestra está tomado de la barra de la figura 2. La fuerza de tensión en la barra la alarga en la dirección de la fuerza aplicada, como sería de esperar. Pero, al mismo tiempo, el ancho de la barra se acorta. De este modo,

en el elemento de esfuerzo ocurre un alargamiento, y, de la contracción, puede determinarse la deformación lateral.

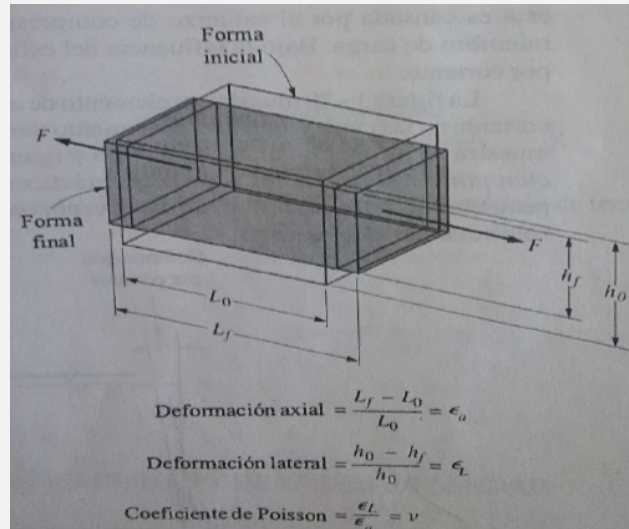


Figura 3. Mostrador del coeficiente de Poisson para un elemento a tensión.

“El coeficiente de la deformación lateral en el elemento a la deformación axial se conoce como coeficiente de Poisson, y es una propiedad del material del que está hecho el miembro de carga”

En el presente texto, se utiliza la letra griega minúscula ni (ν) para denotar el coeficiente de Poisson. Nótese que algunas referencias utilizan mi (μ).

Los materiales metálicos más comúnmente usados tienen un coeficiente de Poisson con valor entre 0.25 y 0.35. Para el concreto, varía ampliamente según el grado y el esfuerzo aplicados, pero generalmente cae entre 0.1 y 0.25. Los elastómeros y el caucho tienen un coeficiente de Poisson que llega a ser hasta de 0.50. En la tabla 1 se muestran valores aproximados del coeficiente de Poisson.

Tabla 1 Valores aproximados del coeficiente de Poisson

Material	Coefficiente de Poisson, ν
Aluminio (la mayoría de sus aleaciones)	0.33
Bronce	0.33
Hierro colado	0.27
Concreto	0.10–0.25
Cobre	0.33
Bronce al fósforo	0.35
Acero al carbón y aleado	0.29
Acero inoxidable (18–8)	0.30
Titanio	0.30

3.4 Elasticidad

Puede obtenerse una medida de la rigidez, del material calculando el coeficiente del esfuerzo normal en un elemento y la deformación correspondiente en el mismo. Esta relación se conoce como módulo de elasticidad, y se denota por E.

Es decir:

Módulo de elasticidad = esfuerzo normal / deformación normal

$$E = \sigma / \epsilon$$

Un material con un valor de E elevado se deformará menos con un esfuerzo dado que uno con un valor reducido de E. Un término más completo para E sería el módulo de elasticidad a tensión o compresión, porque se define en función del esfuerzo normal. Sin embargo, el término “módulo de elasticidad”, sin ningún modificador, generalmente se considera como el módulo de tensión.

Módulo de elasticidad a cortante, El coeficiente del esfuerzo cortante y la deformación por cortante se conoce como módulo de elasticidad a cortante, o módulo de rigidez, y se denota por G.

Es decir:

$$G = \text{esfuerzo cortante} / \text{deformación por cortante} = \tau / \gamma$$

G es una propiedad del material, y se relaciona con el módulo de tensión y el coeficiente de

Poisson por:

$$G = E / (2(1+\nu))$$

3.5 Resistencia

Los datos de referencia que listan las propiedades mecánicas de los metales casi siempre incluirán la resistencia última a la tensión y la resistencia a la cadencia del metal. La comparación entre los esfuerzos reales en una pieza, con la resistencia última a la tensión o la resistencia a la cedencia del material del que está hecha la pieza, es el método usual para evaluar lo apropiado que puede ser un material para soportar con seguridad las cargas aplicadas.

A continuación, se expone un resumen de las definiciones de las más importantes propiedades de resistencia de los metales:

El límite proporcional es el valor del esfuerzo en la curva de esfuerzo-deformación, al que la curva se desvía por primera vez, desde una línea recta.

El límite elástico es el valor del esfuerzo en una curva de esfuerzo-deformación, en el que el material se deforma plásticamente; es decir, ya no volverá a su forma y tamaño original luego de eliminar la carga.

El punto de cedencia es el valor del esfuerzo en la curva de esfuerzo-deformación, en el que existe un incremento significativo de la deformación, con poco o ningún incremento en el esfuerzo.

La resistencia última es el máximo valor del esfuerzo en la curva de esfuerzo-deformación.

En resumen, para materiales que no presentan un punto de cedencia pronunciado, la definición de resistencia a la cedencia es la siguiente:

“La resistencia a la cedencia es el valor del esfuerzo en la curva de esfuerzo-deformación en el cual una recta que se dibuja desde un valor de deformación de 0.002 in/in (o m/m), y paralela a la porción recta de la curva de esfuerzo- deformación, interseca la curva”

“El módulo de elasticidad, E, es una medida de la rigidez de un material, determinado por la pendiente de la porción recta de la curva de esfuerzo-deformación. Es la razón de cambio de esfuerzo a cambio en la deformación correspondiente”

3.6 Diagrama de esfuerzo-deformación

La resistencia de un material no es el único criterio que debe utilizarse al diseñar estructuras. Frecuentemente, la rigidez suele tener la misma o mayor importancia. En menor grado, otras propiedades como la dureza, la tenacidad y la ductilidad también influyen en la elección de un material. Estas propiedades se determinan mediante pruebas, comparando los resultados obtenidos con patrones establecidos. Aunque la descripción completa de estas pruebas corresponde al ensayo de materiales.

El diagrama de la figura 4 se denomina “diagrama de esfuerzo-deformación, cuyo nombre deriva de las magnitudes que aparecen en sus coordenadas.

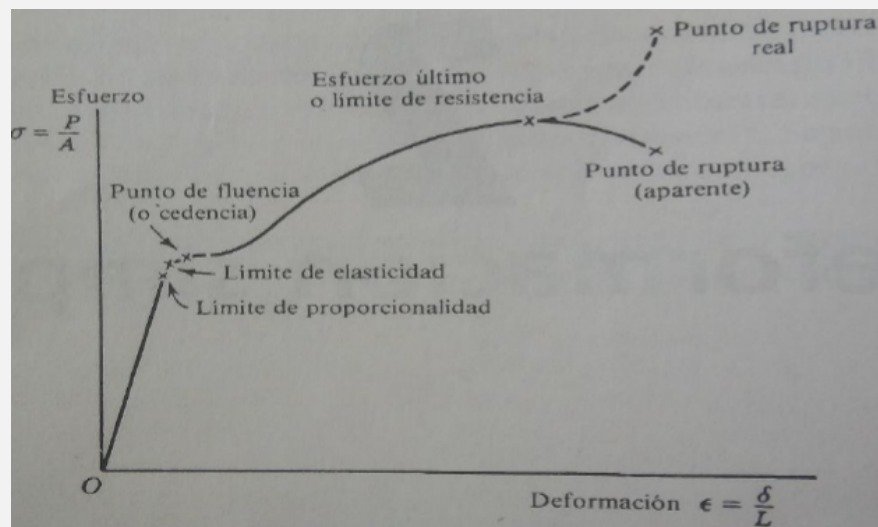


Figura 4. Diagrama de esfuerzo-deformación.

3.7 ¿Qué es una Strain Gage?

Un extensómetro, galga extensométrica o “strain gage” (en inglés) es un dispositivo de medida universal que se utiliza para la medición electrónica de diversas magnitudes mecánicas como pueden ser la presión, carga, torque, deformación, esfuerzos, posición, etc.

Inventado por los ingenieros Edward E. Simmons y Arthur C. Ruge en 1938. En su forma más común, consiste en un estampado de una lámina metálica fijada a una base flexible y aislante. La galga se adhiere al objeto cuya deformación se quiere estudiar mediante un adhesivo, como el cianoacrilato. Según se deforma el objeto, también lo hace la lámina, provocando así una variación en su resistencia eléctrica. Se entiende por strain o esfuerzo a la cantidad de deformación de un cuerpo debida a la fuerza aplicada sobre él. Si lo ponemos en términos matemáticos, strain (ϵ) se define como la fracción de cambio en longitud, como muestra en la figura 5.

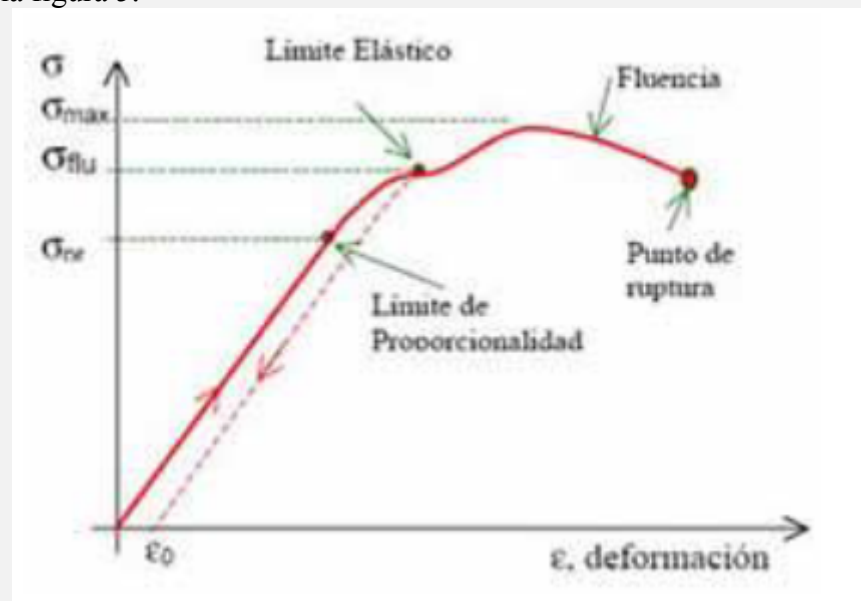


Figura 5. Definición del cambio de longitud.

3.12 Procedimiento para la selección de un Strain Gage.

Lo primero que debemos hacer, dependiendo del tipo de trabajo o tarea específica que se vaya a realizar, es seleccionar el tipo de galga para obtener unos resultados apropiados, lo que aparentemente puede resultar bastante simple, aunque no se debe olvidar que de una selección racional, analizando las características y los parámetros específicos de las Galgas Extensométricas, dependen ciertos elementos, como pueden ser:

1. La optimización del rendimiento de la Galga Extensométrica en condiciones específicas respecto a la operación y el medio ambiente en el que se realiza dicho ensayo.
2. La obtención de unos resultados confiables y precisos de los esfuerzos.
3. La facilidad de instalación de la Galga.
4. Minimizar al máximo los costos de instalación de las Galgas Extensométricas.

Muchos otros factores como la duración en el tiempo, el rango de esfuerzos en el que se esté trabajando y las temperaturas de operación, deben ser también considerados, para que de esta manera se pueda elegir la mejor combinación de Galga Extensométrica-adhesivo correspondiente.

Debemos tener en cuenta que el proceso de selección de la galga extensométrica, suele traer consigo una serie de compromisos. Esto se debe a que dependiendo de la elección de los parámetros que tienden a satisfacer algún requerimiento, puede obrar en cierta medida en contra de otros. por ejemplo, cuando se va a trabajar en espacios sumamente reducidos, donde la instalación y utilización de la galga es un poco más complicada y el gradiente de esfuerzos es supremamente elevado, la utilización de una de las galgas más cortas puede ser la opción ideal para este tipo de trabajo; sin embargo se debe tener en cuenta que las galgas más pequeñas (de 3 mm.), están generalmente caracterizadas porque tienen una elongación máxima pequeña y la vida útil de la galga se ve notablemente reducida cuando esta se somete a condiciones de fatiga. Por estas razones es necesario llegar a un compromiso que ayude a satisfacer cualquier conjunto de circunstancias que se llegasen a presentar, y juzgar este compromiso en la validez y la precisión de los datos obtenidos.

Accesorios para el pegado de una Strain Gage

1. Adhesivos (cinta de preparación de superficies)
2. Recubrimientos protectores
3. Material de limpieza (gasas limpiadoras y RMS1-SPRAY)
4. Soldador especial para extensometría
5. Cepillo plano
6. Lente de aumento (6 times)
7. Regla graduada, 150 mm
8. Cepillo de fibra
9. Tijeras, afiladas
10. Tijeras punta redonda.
11. Pinzas punta redonda
12. Pinzas afiladas
13. Regla flexible, 300mm
14. Dental probe with bent tip
15. Spatula
16. Bisturí
17. Petri dish 60/15
18. Scalpel holder cuchillas
19. Cable plano (6x0.14qmm, multi-color)
20. estaño de 1mm
21. Flux pen
22. goma
23. Bolígrafo tipo "ball pen" HBM
24. Tela esmeril, grano 180/220/360
25. Disolvente RMS 1
26. Gamuzas 50 x 50 mm
27. Material de soldadura (soldadura con núcleo de resina)
28. Hilos y cables trenzados

Procedimiento para el pegado de una strain Gage

Desengrasar enteramente la zona de la instalación, mediante un disolvente (figura 6)



Figur 6. Desengrasado de la pieza.

Lijar, Unifique la superficie con papel lija (figura 7) de grano adecuado al tipo de superficie (220, 320, 400). En presencia de una superficie oxidada o muy rugosa, es necesario lijar con papel lija de granos gruesos (80).

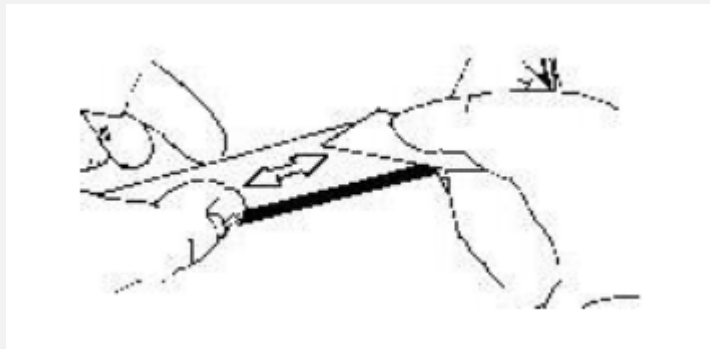


Figura 7. Indicación del lijado

Limpieza , Elimine los residuos de lija sobre superficie con la ayuda de una gasa sin esterilizar.
Nota: No sople sobre la viga ya que puede contaminarla. (Figura 8).

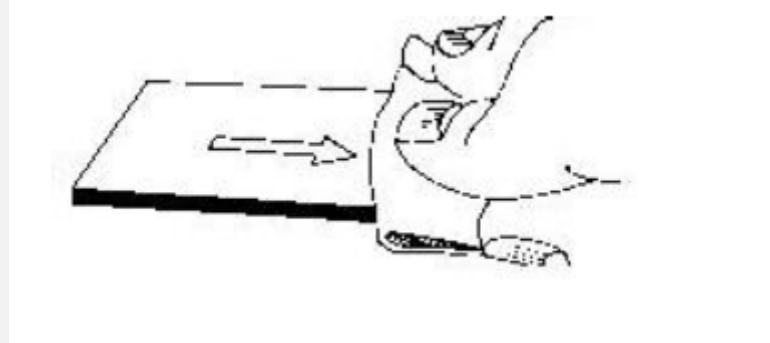


Figura 8. Sentido de la figura

Acondicionar , Aplique acondicionador 5A sobre el área y limpie perfectamente con la ayuda de gasas (figura 9)

Nota: Para la correcta limpieza siga el método que le indica el instructor.

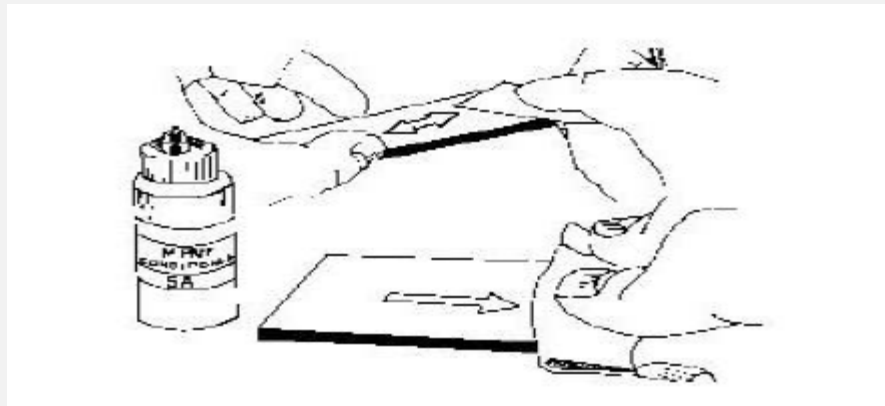


Figura 9. Limpiando probeta

Marcación de ejes, Con un lápiz 4H traza los ejes de posicionamiento del Strain Gage. Aplique abundante acondicionador y elimina el grafico con la ayuda de un aplicador de madera, repite hasta que el aplicador se vea perfectamente limpio. (Figura 10)

Nota: Todo el material que este en contacto con la superficie debe ser neutralizado

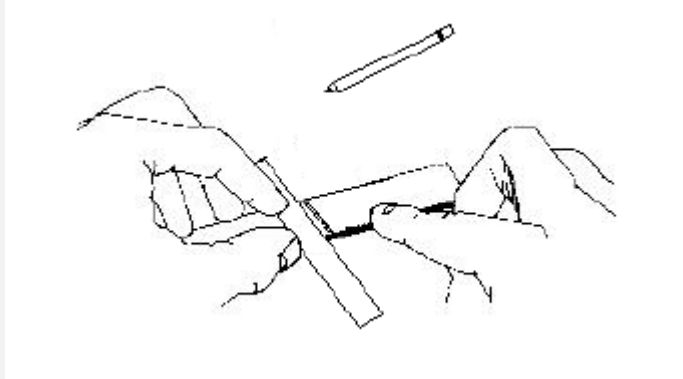


Figura 10. Trazado de los ejes

Neutralizar, Después de acondicionar la superficie, humedezca con neutralizador. Seque perfectamente con gasas (figura 11).

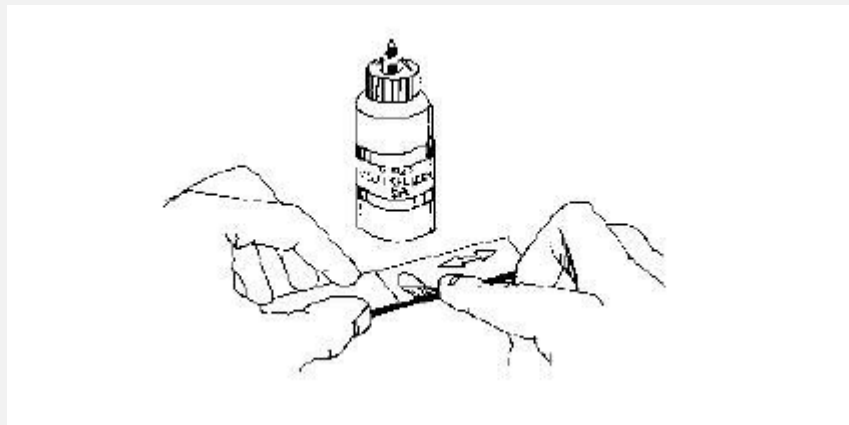


Figura 11. Neutralizado de la superficie

Manipulación del Strain Gage, Saque el strain gages de su estuche con la ayuda de pinzas antiestáticas. Coloque el strain gage sobre una superficie perfectamente neutralizada y con la ayuda de la cinta PCT-2M transporte el strain gage a la posición deseada, levantándola de la superficie con un ángulo de 35°. (Figura 12).

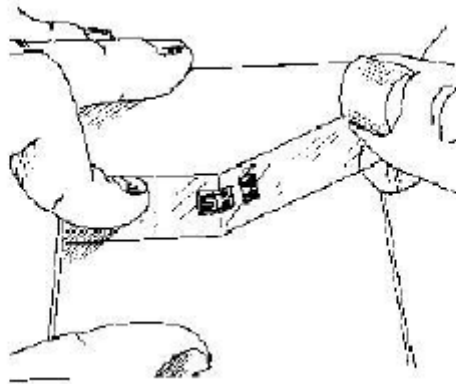


Figura 12 manipulacion de la galga.

Ubicación del Strain Gage, Posicione el strain gage centrado sobre la línea previamente marcada, con la ayuda de las flechas de centrado del strain gage (figura 13).

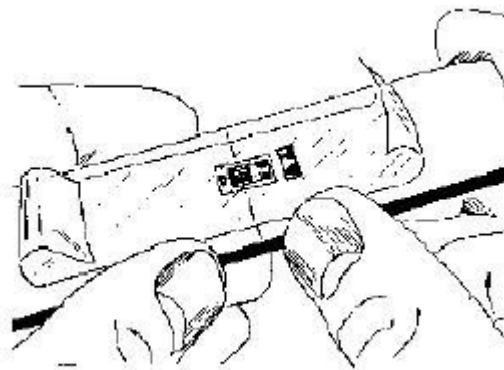


Figura 13. Ubicación de la galga.

Colocación de catalizador, Aplique catalizador sobre el strain gage. (Figura 14)

Nota: Realice este procedimiento de acuerdo al procedimiento que indica el instructor.

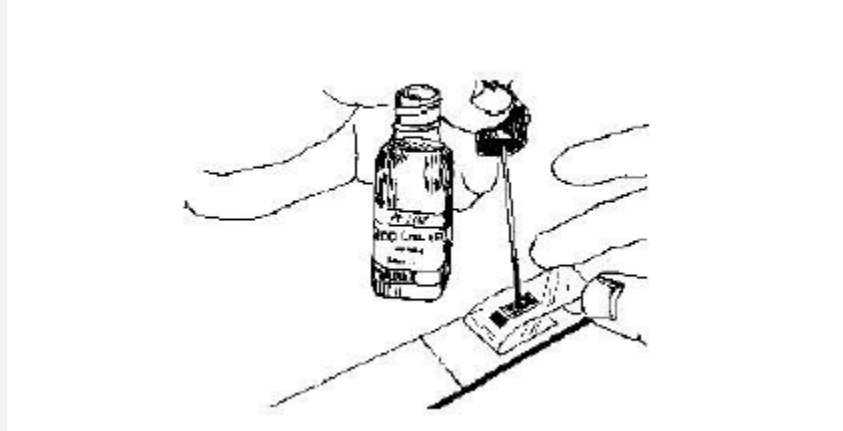


Figura 14. Colocacion de catalizador

Colocación del adhesivo, Coloque una gota de adhesivo sobre el espécimen, posicione la cinta en sentido contrario y con la ayuda de una gasa ejerza presión para que el strain gage quede perfectamente adherido (figura 15).

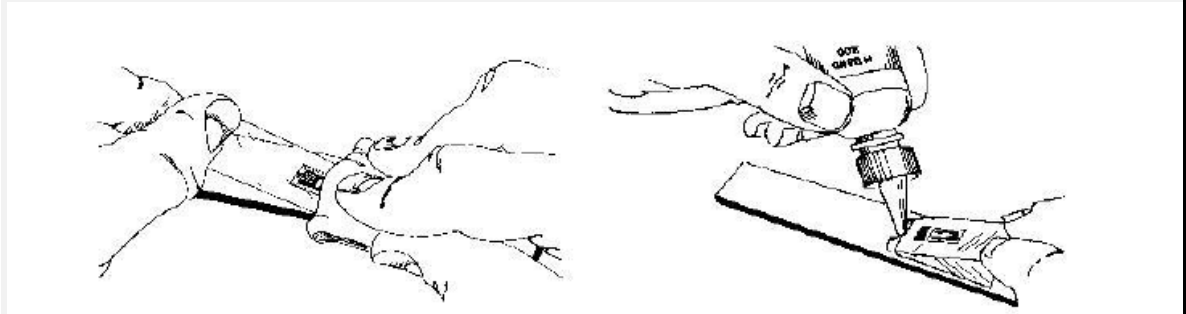


Figura 15. Colocacion del adhesivo

Secado, Una vez adherido, coloque el dedo sobre el área del strain gage durante 1 minuto. Deje la cinta sobre el strain gage por 20 minutos más, una vez transcurrido este tiempo retire la cinta a 180° con fuerza para verificar su perfecta adherencia (figura 16).

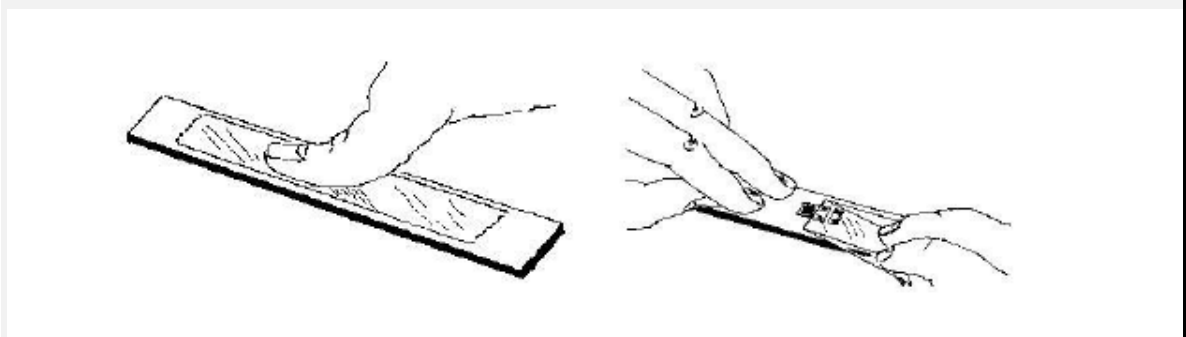


Figura 16. Proceso de secado

Equipo/material:

Materiales para la instrumentación de la probeta.

1. Desengrasante (CSM-3)
2. Papel Lija (SCP-1,SCP-2, CSP-3)
3. Acondicionador (MCA-1)
4. Neutralizador (MN5A-1)
5. Gasas
6. Aplicadores
7. Cinta celofán (PCT-2M)
8. Cinta de protección (PDT-3)
9. Soldadura
10. Cautin
11. Rosin solvent
12. M-Flux
13. Lápiz 4H
14. Una probeta de acero



Equipo para la caracterización de la viga en cantiliver.

- 1.- Equipo Instrunet i555

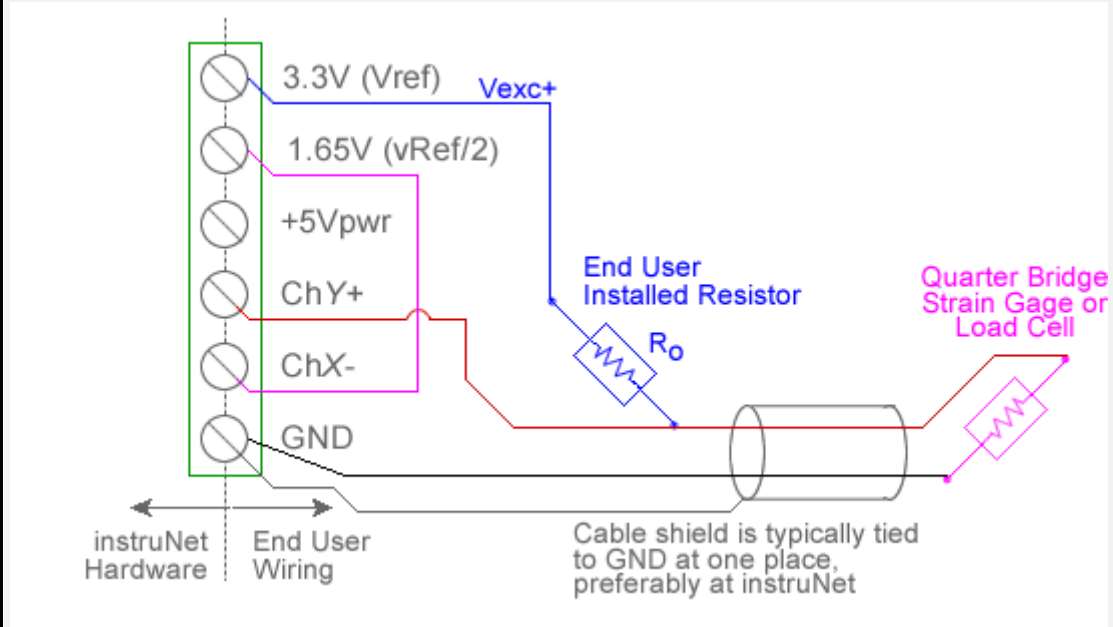


Procedimiento:

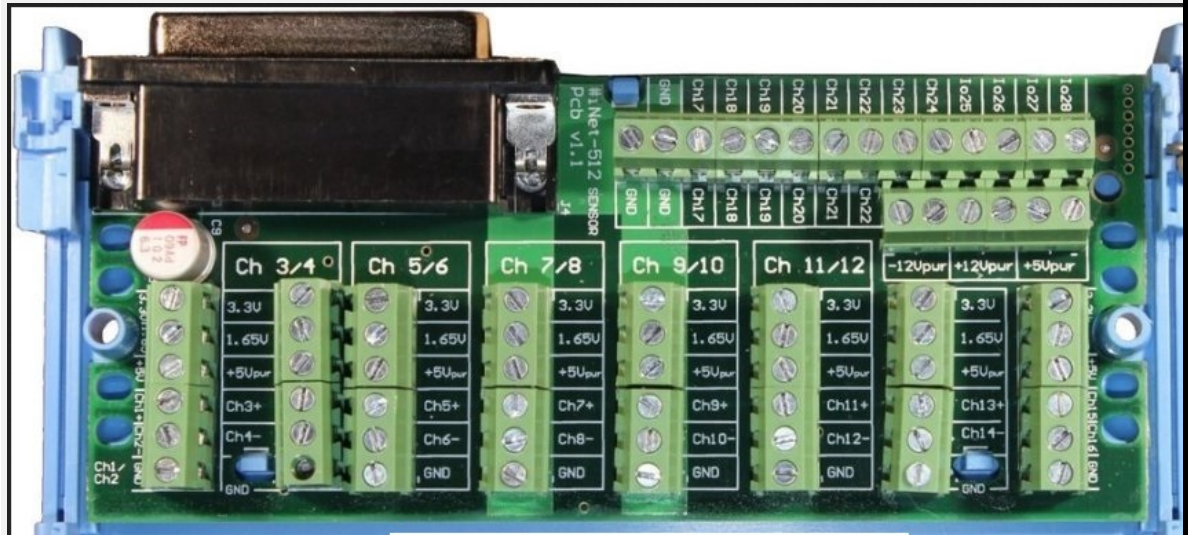
Procedimiento para la instrumentación de la probeta: Seguir los pasos que se indican de la página 33 a la 37 de este documento, y apoyarse con las instrucciones del profesor.

Procedimiento para la caracterización de la probeta.

1.- Realizar la conexión del Starin Gage con el i512 de acuerdo al siguiente diagrama.



I512



Cuestionario:

2.- Hacer las mediciones con la viga en cantiliver con minimo 8 masas diferentes y anotar la microdeformaciones correspondientes a cada masa, registrar estas mediciones en una tabla.

3.- Hallar la ecuación característica de la viga en cantiliver de acuerdo a las mediciones obtenidas en la tabla del punto número 3.

4.- Graficar las mediciones del punto número 3 y la ecuación característica.

Investigue y conteste las siguientes preguntas.

1.- Que es el esfuerzo simple.

2.- Que es la deformación unitaria.

3.- Que es la deformación de Poisson.

4.- Que es la estabilidad.

5.- Que es la resistencia.

6.- Dibuje la gráfica esfuerzo-deformación.

7.- Que es un strain Gage.

8.- Que es la resistencia de un conductor.

9.- Cual es el principio de funcionamiento de un Strain Gage.

10.- Como se define el Factor de una Galga.

11.- De acuerdo a la nomenclatura de un Strain Gage, indique las partes del siguiente código

C2A-06-062WW-120

Resultados(alumno)

Conclusiones(alumno)

Bibliografía

- 1.- <http://www.vishaypg.com/docs/11081/tt601.pdf>
- 2.- <http://www.vishaypg.com/docs/11082/tt602.pdf>
- 3.- <http://www.vishaypg.com/docs/11083/tt603.pdf>
- 4.- <http://www.vishaypg.com/docs/11085/tt605.pdf>
- 5.- <http://www.vishaypg.com/docs/11086/tt606.pdf>

Programa educativo

Unidad	II	Asignatura:	Instrumentación Industrial
Práctica N°:	3	Nombre de la práctica:	Linealización de un transmisor de presión S-10.
Nombre Integrante(s):			
Introducción:	<p>Los transmisores de presión son aparatos que trasladan una señal para poder tener un valor de presión dentro de un sistema o un equipo de proceso, esta señal le llega a un receptor indicador, controlador o a un registrador.</p> <p>Un transmisor de presión consta de dos elementos importantes: un sensor o elemento de medición mecánico y un cuadro de procesamiento de señales.</p> <p>Para la medida de presión con transmisores de presión, o sensores de presión se requiere un sensor que capta el valor de presión o la variación de la misma y lo convierte de manera exacta y precisa en una señal eléctrica. La señal eléctrica indica el valor de presión recibida.</p> <p>Los cuatro principios más importantes son la medida con sensores resistivos, sensores piezoresistivos, sensores capacitivos y sensores piezoeléctricos.</p> <p>La linealización se refiere al proceso de encontrar la aproximación lineal a una función en un punto dado.</p>		
Objetivo:	Conocer las generalidades de un transmisor tipo S-10, así como realizar su procedimiento de instalación e identificar su conexión eléctrica y sus datos técnicos para llevarlos a cabo las mediciones de la práctica y con ello poder linealizar el transmisor de presión por medio del método de mínimos cuadrados.		

Marco Teórico

GENERALIDADES DEL TRANSMISOR S-10

El transmisor S-10 es un equipo de medición que transforma la presión de la línea de aire comprimido en un valor eléctrico. Este valor suele ser de 4 a 20 mA. Se utilizan para el control y regulación en sistemas de presión, como es el caso de una caldera y columnas de absorción, evaporadores, columnas de destilación, secadores, bombas, entre otros equipos.

S-10: Transmisor de presión para aplicaciones generales, versión estándar.

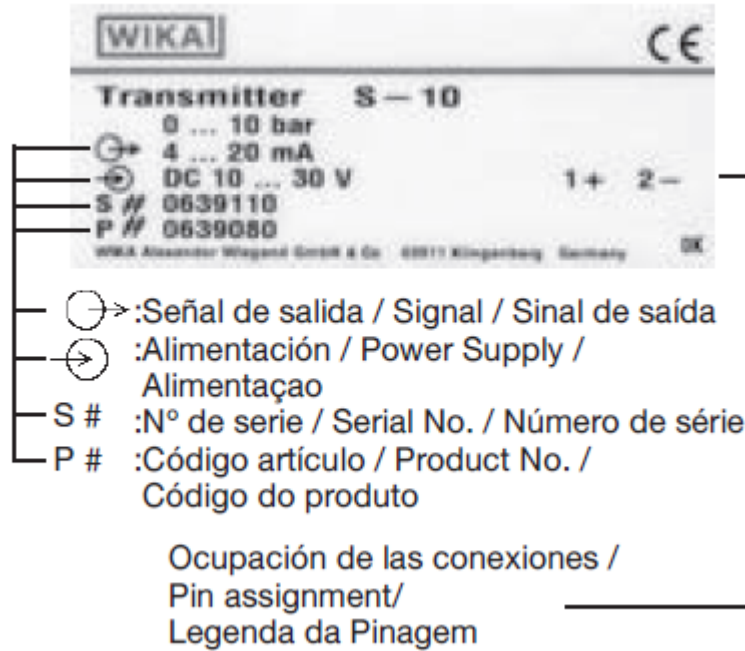
S-11: Transmisor de presión para aplicaciones generales con membrana enrasada frontalmente.



Los transmisores de presión se clasifican de acuerdo al tipo de señal que transmiten, entre los cuales se encuentran:

- Transmisores neumáticos
- Transmisores electrónicos
- Transmisores digitales

En la siguiente figura se muestra una placa técnica del transmisor de presión



Placa técnica del S-10

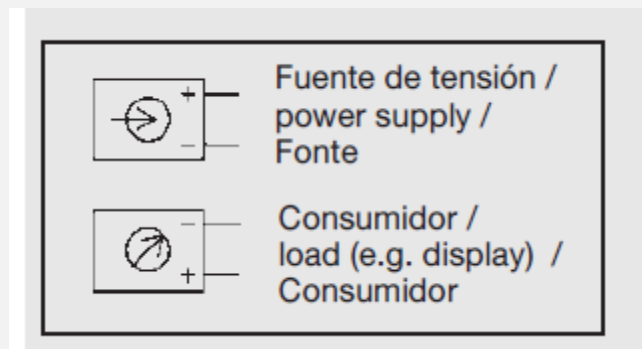
En la siguiente tabla se muestra los datos técnicos del S-10, S11

Datos técnicos		Tipo S-10 / S-11										
Rango de medición	bar	0,1	0,16	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10
Límite de sobrecarga	bar	1	1,5	2	2	4	5	10	10	17	35	35
Presión de rotura	bar	2	2	2,4	2,4	4,8	6	12	12	20,5	42	42
Rango de medición	bar	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	
Límite de sobrecarga	bar	80	50	80	120	200	320	500	800	1200	1500	
Presión de rotura	bar	96	250	400	550	800	1000	1200	1700	2400	3000	
		{Presión absoluta: 0 ... 0,25 bar abs hasta 0 ... 16 bar abs}										
		{Rango especial de medición 800...1200 mbar abs}										
Material												
■ Piezas en contacto con el medio		Acero CrNi (otros materiales, ver programa de convertidores de presión WIKA)										
➤ Tipo S-10		Acero CrNi										
➤ Tipo S-11		Acero CrNi {Hastelloy C4}										
		Junta tórica: NBR ¹⁾ {Viton o EPDM}										
■ Carcasa		Acero CrNi										
Líquido interno de transmisión		Aceite sintético, solamente en rangos de medición de hasta 16 bar										
		O con el tipo S-11 (membranas frontalmente enrasada)										
		{Aceite carbónico halogenado para versiones de oxígeno} ²⁾										
		{Recoída en FDA para la industria alimenticia}										

En la siguiente tabla se muestra los diagramas de conexión eléctrica del S10, S-11.

	2-Sistema 2 hilos / 2-wire system / Sistema de 2 fios	3-Sistema 3 hilos / 3-wire system / Sistema de 3 fios
Conector con salida lateral / L-connector / União de encaixe em cotovelo		
Conector circular / Circular connector / União de encaixe redonda M 12x1		

Leyenda

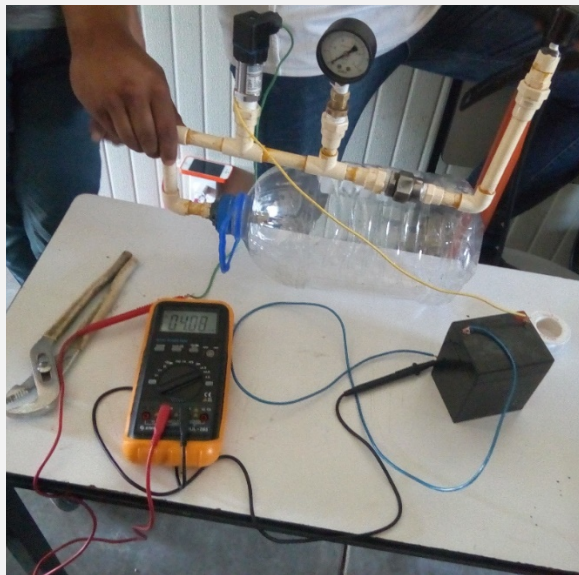


Equipo/material:

- 1.- Transmisor de presión de S-10.
- 2.- Cables calibre 16.
- 3.- Multímetro.
- 4.- Fuente de alimentación de 12 Volts.
- 5.- Una válvula Check.
- 6.- Dos metros de tubos de media pulgada.
- 7.- Una bomba de aire manual.
- 8.- Un recipiente para almacenar el aire (de preferencia una botella de coca cola 2 litros retornable.)
- 8.- Un manómetro.

Procedimiento:

- 1.- Realizar la conexión de cada uno de los componentes como se muestra en la siguiente figura.



2.- Bombear el aire con la bomba manual por medio de la tubería ya con los instrumentos instalados y registrar el primer cambio de corriente en la salida del transmisor, así como la presión que indica el manómetro.

3.- Repetir el paso 2 para 10 mediciones diferentes, registrar los valores en una tabla, primera columna tendrá la presión correspondiente a cada medición, y la segunda columna tendrá la corriente.

4.- Linealizar el transmisor de acuerdo a los datos de la tabla de mediciones del paso número 3 mediante el método de mínimos cuadrados.

5.- Graficar los datos de la tabla de mediciones y la ecuación característica.

Cuestionario:

1.- Cual es la señal de salida del transmisor de presión antes del acondicionamiento de la señal.

2.- Cuál es la alimentación mínima que debe tener el transmisor.

3.- Dibuje el diagrama de conexión de dos y tres hilos.

4.- Cuál es la diferencia de la conexión de dos y tres hilos.

Resultados (alumno)

Conclusiones(alumno)

Bibliografía

- 1.- Antonio Creus “Instrumentación Industrial”.
- 2.- *W. Bolton* “Ingeniería de Control”
- 3.- Ogata Katsuhiko “*Ingeniería de control moderna*”