

Ministerio de Industria  
Presidencia de la Nación



## Metrología en FUERZA

### Reducción de las Magnitudes de Influencia en mediciones de FUERZA.



**Ing. Alejandro Savarin**  
INTI – Física y Metrología  
Jefe de Laboratorio de Fuerza



## FUERZA – Reducción de las Magnitudes de Influencia.

### Temario

- Realización de la Magnitud en FSM
  - Magnitudes Directas
  - Magnitudes Indirectas → Dinamómetro de 6 coordenadas
- Patrones de Transferencia (Transductores)
  - Magnitudes Directas
  - Magnitudes Indirectas
  - Ensayos propuestos
- Reproducción de la Magnitud en FCM
  - xx
  - xx

**Nota:** Se recomienda ver primero el documento

*“Incertidumbre en Mediciones de FUERZA s/EURAMET cg-04”* del mismo autor.



## INTRODUCCIÓN

En la primer parte se hablará de la definición de la unidad utilizando máquinas patrón nacional de fuerza de pesos suspendidos (DW-FSM), no se mencionan las máquinas por amplificación hidráulica ó a palanca (HT-FSM / LT-FSM), tampoco las que utilizan múltiples transductores (BU-FSM)

En la segunda parte se hablará de los transductores de Fuerza utilizados como Transfers y/o Referencia.

En la tercera parte se hablará de la reproducción de la unidad utilizando máquinas de comparación que utilizan un único transductor de fuerza como referencia, **con accionamiento hidráulico.**

## Realización en FSM – MAGNITUDES DIRECTAS.

Se pueden plantear 3 grupos de DW-FSM:

Grupo 1             $U \leq 1 \cdot 10^{-5}$

Máquinas primarias de NMI's. Este es la “regla del arte” actual. Asimismo, la intercomparación de estas máquinas aún plantea un desafío.

Grupo 2             $1 \cdot 10^{-5} < U \leq 2 \cdot 10^{-5}$

Máquinas primarias de NMI's.

Este es el nivel de incertidumbre actual en los NMI's más desarrollados.

Grupo 3             $5 \cdot 10^{-5} \leq U \leq 1 \cdot 10^{-4}$

Máquinas secundarias de NMI's, laboratorios acreditados, etc.

## Realización en FSM – MAGNITUDES DIRECTAS.

Magnitudes Directas:

$$F = m \cdot g \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho_m} \right)$$

$$\left( \frac{\sigma_F}{F} \right)^2 = \left( \frac{\sigma_m}{m} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_g}{g} \right)^2 + \left( \frac{\rho_a}{\rho_m} \right)^2 \cdot \left[ \left( \frac{\sigma_{\rho_m}}{\rho_m} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{\rho_a}}{\rho_a} \right)^2 \right]$$

*MASA: El nivel de desarrollo actual de la metrología de Masas es más que suficiente para las incertidumbres planteadas.*

*Se aplica la OIML R111.*

Clase	Tolerancia [mg] Masa 1kg	Incertidumbre $1 \cdot 10^{-6}$	Grupo
F1	5,0	1,50	1
F2	16,0	5,00	2
M1	50,0	15,00	3
M2	160,0	50,00	-

## Realización en FSM – MAGNITUDES DIRECTAS.

GRAVEDAD LOCAL: Se presentan 3 tipos de determinaciones ordenada por Grupo.

1.- *Medición Absoluta ó Relativa*: Péndulo o medición de aceleración por interferometría.  $U \cong 0,2 \cdot 10^{-7}$

$$g = 9,7968837 \pm 0,000002 \frac{m}{s^2}$$

2.- *Gravity Information System (PTB)*: Interpolación de puntos medidos.

$U \cong 1$  a  $5 \cdot 10^{-6}$  <http://www.ptb.de/cartoweb3/SISproject.php>

$$g = 9,796875 \pm 0,000037 \frac{m}{s^2}$$

$$g = 9,796877 \pm 0,000010 \frac{m}{s^2}$$

Ingresando o no  
el valor de altitud

3.- *Ecuación del Geoide*: Sólo f() de Latitud y altitud.  $U > 10 \cdot 10^{-6}$

$$g = 9,780318 \left[ 1 + 5,3024 \cdot 10^{-3} \cdot \text{sen}^2(-34,577^\circ) - 5,8 \cdot 10^{-6} \cdot \text{sen}^2(-34,577^\circ) \right] - 3,085 \cdot 10^{-6}$$

$$g = 9,796900 \pm 0,000120 \frac{m}{s^2}$$

Roman Schwartz, Andreas Lindau, "The new gravity zone concept in Europe for weighing instruments under legal control", IMEKO 2002

## Realización en FSM – MAGNITUDES DIRECTAS.

DENSIDAD DEL AIRE: Ecuación CIPM (1981/91).  $U \cong 3 \cdot 10^{-5}$

$$\rho_a = \frac{p \cdot Ma}{Z \cdot R \cdot T} \left[ 1 - X_v \left( 1 - \frac{M_v}{Ma} \right) \right]$$

FS en ACEROS:  $(1,2 / 8000) = 1,5 \cdot 10^{-4}$

Condición	Temp. [°C]	HR [%]	Patm [hPa]	$\rho_a$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Inferior	23	70	980,00	1,1445
Estándar	20	50	1013,25	1,1992
Superior	18	30	1030,00	1,2300
Variación máxima				0,0055

No es habitual calcular  $\rho_a$  y corregir. Se toma el mayor rango de variación.

Incertidumbre debida a variación del  $\rho_a$  en ACEROS:  $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 55 \cdot 10^{-3} = 8,3 \cdot 10^{-6}$

*Grupo 1*: Reducir rango variación o calcular y corregir.

*Grupo 2*: Es conveniente reducir rango o calcular y corregir.

*Grupo 3*: Es adecuada.

## Realización en FSM – MAGNITUDES DIRECTAS.

### DENSIDAD DE LAS PESAS: OIML R111

#### 1.- Determinación de la Densidad:

$$\rho_m = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{1}{3} \cdot \sum_{k=1}^3 \left[ \frac{P_{aire} + X_{aire,k} \cdot f_{aire,k} - P_{agua} - X_{agua,k} \cdot f_{agua,k}}{\rho_{agua,k} - \rho_{agua,k}} \right] \quad U \cong 5 \cdot 10^{-4}$$

FS en ACEROS:  $(1,2 / 8000) = 1,5 \cdot 10^{-4} \rightarrow U \cong 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 7,5 \cdot 10^{-8} \rightarrow$  Grupo 1

#### 2.- Protocolo de fabricación del material:

En aceros se tiene  $U \cong 50 \text{kg/m}^3 \rightarrow (50 / 8000) = 0,00625$

$U \cong 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,00625 = 1,0 \cdot 10^{-6} \rightarrow$  Grupos 1, 2 y 3

Nota: La incertidumbre es  $\cong U = \frac{\rho_{ACERO}^2}{\rho_{ALUM}^2} \rightarrow$  en Aluminio se multiplica  $\cong 8$



## Realización en FSM – MAGNITUDES DIRECTAS.

### RESUMEN:

Definición

$$F = m \cdot g (1 - \rho_a / \rho_m)$$

Incertidumbre

$$(\sigma_F/F)^2 = (\sigma_m/m)^2 + (\sigma_g/g)^2 + (\rho_a/\rho_m)^2 \cdot [(\sigma_{\rho_m}/\rho_m)^2 + (\sigma_{\rho_a}/\rho_a)^2]$$

Magnitud de Influencia	Símbolo	Unidad	Factor de sensibilidad	3 <sup>er.</sup> grupo Método	U k=2	2 <sup>do.</sup> grupo Método	U k=2	1 <sup>er.</sup> grupo Método	U k=2
Masa	m	kg	m	clase M1	1,50E-05	clase F2	5,00E-06	clase F1	1,50E-06
Gravedad	g	m/s <sup>2</sup>	g	Geoide	4,00E-06	GIS PTB	1,00E-06	Medido	2,00E-07
Densidad del aire	$\rho_a$	kg/m <sup>3</sup>	$\rho_a/\rho_m$	sin corregir	2,40E-05	corregido	1,00E-06	corregido	2,00E-07
Densidad de las masas	$\rho_m$	kg/m <sup>3</sup>	$\rho_a/\rho_m$	datos fabricante	7,70E-06	medido	1,00E-06	medido	2,00E-07
Balance de Incertidumbre	U	N			<b>2,96E-05</b>		<b>5,29E-06</b>		<b>1,54E-06</b>

## Realización en FSM – MAGNITUDES INDIRECTAS.

*Se parte de tener las placas de la máquina paralelas y horizontales.*

*Paralelismo mejor a 0,10 mm/m*

*Horizontalidad mejor a 0,05 mm/m*

### ACCIONES PARÁSITAS:

*- Se miden con un dinamómetro de 6 coordenadas.*

*- Se pueden estimar también con sistemas built-up.*

### FUERZAS LATERALES:

*- Modifican la componente vertical del vector fuerza.*

### MOMENTOS FLECTORES:

*- Generan componentes de fuerzas.*



## Realización en FSM – MAGNITUDES INDIRECTAS.

### FUERZAS LATERALES:

Fz (nominal) kN	Fx				Fx	
	0°	90°	180°	270°	Mean	Std dev
	N	N	N	N		
0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,18	0,06
20	1,9	4,4	1,5	4,4	3,06	1,57
40	18,8	17,8	15,9	22,5	18,76	2,77
60	36,5	32,6	40,3	33,8	35,80	3,44
80	50,4	57,4	55,1	46,9	52,42	4,72
100	65,2	71,8	64,3	60,9	65,54	4,53

Fz (nominal) kN	Fy				Fy	
	0°	90°	180°	270°	Mean	Std dev
	N	N	N	N		
0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,3	-0,29	0,11
20	-20,1	-18,9	-18,4	-21,3	-19,68	1,27
40	-16,6	-19,4	-13,7	-21,3	-17,75	3,35
60	-4,9	-3,2	-11,1	-14,0	-8,31	5,09
80	7,5	12,8	17,2	0,9	9,60	7,03
100	18,7	22,4	20,2	16,6	19,46	2,46

Se realizan varias mediciones rotando el dinamómetro. Para reducir los errores del propio dinamómetro.

La inclinación es:

$$\theta_x = \frac{F_x}{F_z}$$

$$\theta_y = \frac{F_y}{F_z}$$

## Realización en FSM – MAGNITUDES INDIRECTAS.

### MOMENTOS FLECTORES:

Fz (nominal) kN	Mx				Mx		$\Delta x$ mm
	0°	90°	180°	270°	Mean	Std	
	N·m	N·m	N·m	N·m		dev	
0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,09	0,04	
20	5,1	4,4	5,5	5,0	5,01	0,42	0,25
40	0,1	-0,5	0,4	-0,4	-0,11	0,41	0,00
60	-4,0	-5,7	-1,4	-2,9	-3,52	1,82	-0,06
80	-6,7	-12,3	-7,6	-4,4	-7,73	3,33	-0,10
100	-7,8	-6,8	-4,1	-11,0	-7,43	2,88	-0,07

Se realizan varias mediciones rotando el dinamómetro. Para reducir los errores del propio dinamómetro.

La excentricidad es:

$$\Delta x = \frac{Mx}{Fz}$$

$$\Delta y = \frac{My}{Fz}$$

Fz (nominal) kN	My				My		$\Delta y$ mm
	0°	90°	180°	270°	Mean	Std	
	N·m	N·m	N·m	N·m		dev	
0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,08	0,05	
20	-8,2	-7,1	-8,0	-9,1	-8,08	0,83	-0,40
40	-9,2	-6,4	-10,3	-7,8	-8,44	1,72	-0,21
60	-9,6	-8,3	-5,4	-12,0	-8,82	2,74	-0,15
80	-12,2	-15,3	-8,5	-9,9	-11,47	3,00	-0,14
100	-13,6	-10,3	-11,5	-16,0	-12,87	2,54	-0,13

## Realización en FSM – MAGNITUDES INDIRECTAS.

### Equivalencia

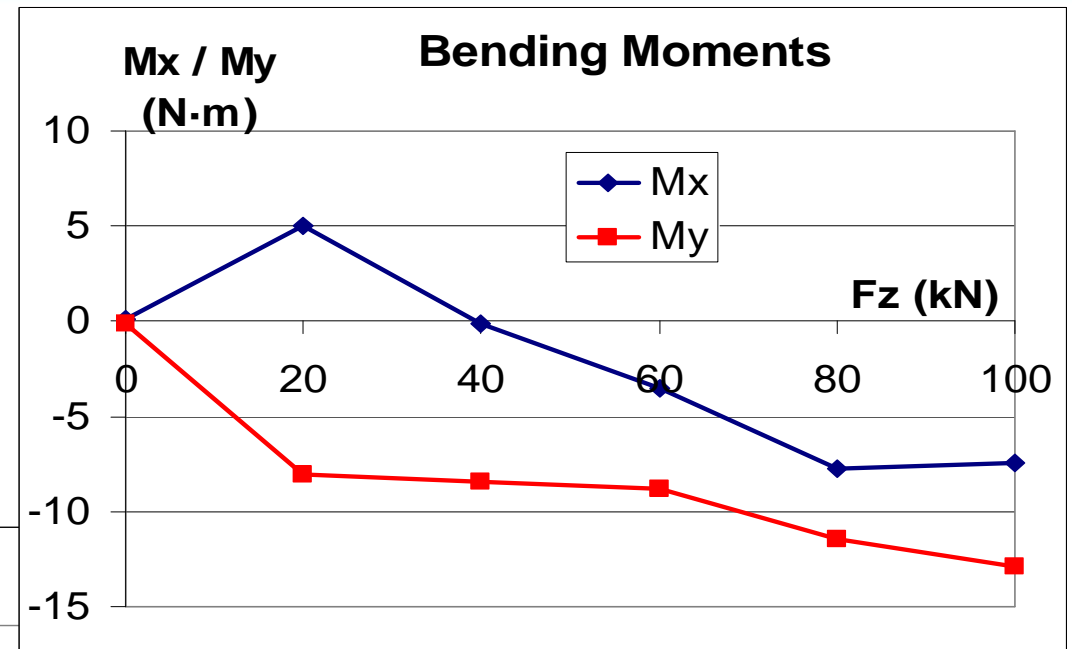
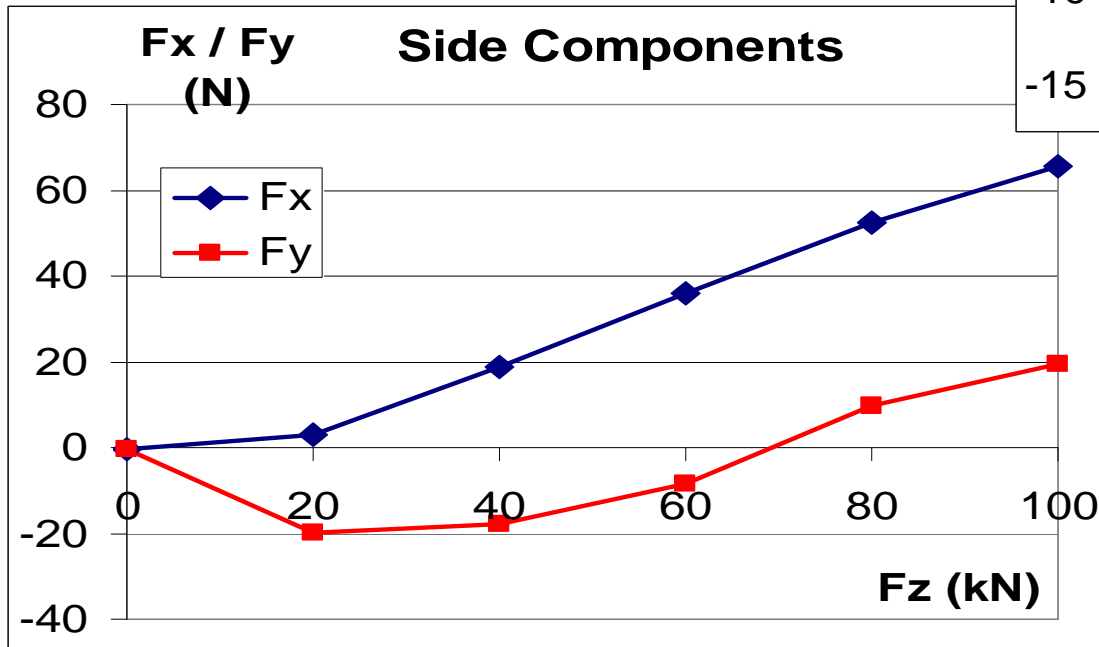
Fuerza  $\rightarrow$  Inclinación

Momento  $\rightarrow$  Excentricidad

### Incidencia

$F_x \rightarrow M_y$

$F_y \rightarrow -M_x$



### REDUCCIÓN:

*Fuerzas laterales: Centrando*

*Momento Flector: Articulando*

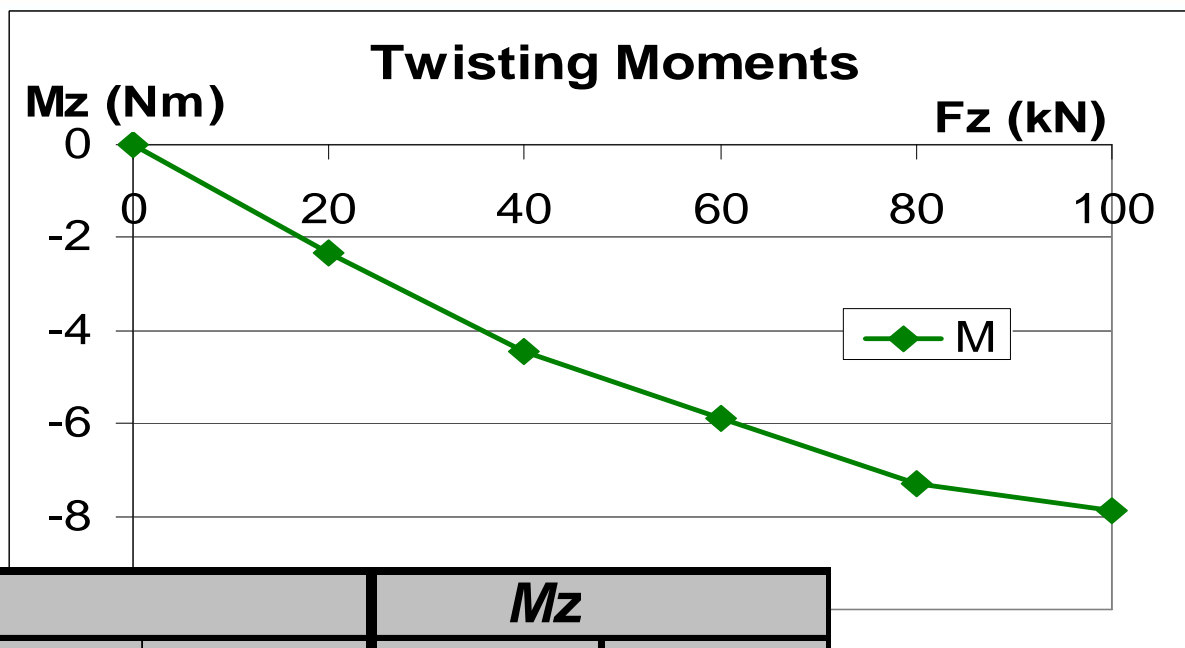
*Momento Torsor: ???*

## Realización en FSM – MAGNITUDES INDIRECTAS.

### MOMENTO TORSOR:

No incide sobre la fuerza vertical.

Puede deberse a desbalanceos, aplicación desfazada de la carga o roces entre las pesas y la estructura.



Fz	Mz				Mz	
(nominal)	0°	90°	180°	270°	Mean	Std dev
kN	N·m	N·m	N·m	N·m		
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,03
20	-2,6	-2,2	-1,5	-3,0	-2,34	0,64
40	-4,5	-4,0	-4,3	-5,0	-4,46	0,40
60	-6,1	-4,7	-5,7	-7,0	-5,88	0,94
80	-7,6	-5,9	-7,2	-8,5	-7,29	1,09
100	-9,0	-6,2	-7,6	-8,7	-7,89	1,25

## Realización en FSM – MAGNITUDES INDIRECTAS.

### OTRAS MAGNITUDES INDIRECTAS:

- 1.- *Atracción Magnética entre pesas y Susceptibilidad Magnética:* ver OIML R111
- 2.- *Atracción Gravitatoria entre pesas:* Varios estudios demostraron no afectar.
- 3.- *Flujo de aire* (arrastre, sustentación y efecto Bernoulli): Generalmente las pesas están protegidas con placas de acrílico para preservarlas del polvo → no afecta.
- 4.- *Ubicación geográfica:* La aceleración centrípeta y de coriolis están contempladas dentro de la medición de la aceleración de la gravedad → no afecta.
- 5.- *Orientación magnética:* Si se cumple 1.- → no afecta.

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### PATRONES DE TRANSFERENCIA (TRANSDUCTORES):

Las magnitudes directas se presentan junto a datos de 3 transfers.

Descripción	HBM TOP-Z30A (100 N a 10 kN)	HBM TOP-Z4A (20 kN a 500 kN)	GTM VN (200 N a 2 MN)
	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Repetibilidad	20	30	20
Reproducibilidad	50	80	50
Temperatura en cero (1 K)	15	10	10
Temperatura en span (1 K)	15	15	10
Histéresis	300	300	600
Creep (20 min)	100	100	80
Fuerzas transversales ( $0,1 \cdot F_{\text{nominal}}$ )	1000	300	---
Excentricidad (1 mm)	50	50	50
Linealidad	20	20	20





## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### REPETIBILIDAD:

VIM: *“Condición de medición, dentro de un conjunto de condiciones que incluye el mismo procedimiento de medida, los mismos operadores, el mismo sistema de medida, las mismas condiciones de operación y el mismo lugar, así como mediciones repetidas del mismo objeto o de un objeto similar en un período corto de tiempo”.*

Para mantener las condiciones es necesario:

- Mantener la posición relativa máquina-transductor,
- Mantener las condiciones ambientales,
- Mantener la metodología, tiempos de aplicación, niveles de carga, etc.

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### REPRODUCIBILIDAD:

VIM: “Condición de medición, dentro de un conjunto de condiciones que incluye diferentes lugares, operadores, sistemas de medida y mediciones repetidas de los mismos objetos y objetos similares”.

*En metrología de Fuerza, reproducibilidad es rotar el transductor sobre su eje dentro de la misma calibración.*

Idealmente con máquina y transductor funcionando bien y con buena operación y metodología, la Reproducibilidad tiende a la Repetibilidad.

Se requiere:

- *Máquina*: Horizontalidad y paralelismo de las placas, “conocer donde está el eje”.
- *Transductor*: Tolerancias geométricas Ok, accesorios Ok.
- *Procedimiento*: Mantener las condiciones de tiempo, escalones de carga, etc.

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### TEMPERATURA:

*Las variaciones de temperatura generan los siguientes cambios en el transductor:*

- 1.- Media medición vs. Media de calibración → función del coef. K (si se conoce)*
  
- 2.- Variación Temporal [°C/h] → Genera falta de repetibilidad, pueden aparecer gradientes térmicos en el transductor por distinta transmitancia térmica → aparecen tensiones internas residuales que varían mucho la medición → no existe K que valga! Las variaciones lentas son más peligrosas que las rápidas. Un buen valor es tener una variación menor a 1°C y también <0,5°C/h*
  
- 3.- Variación en Espacio → Gradiente térmico [°C/m], genera gradientes térmicos dentro del transductor, simil a 2.- Es más importante el gradiente térmico en los materiales que en el aire. Un buen valor es que  $\Delta t$  entre transductor y placa de la máquina <0,5°C*

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### TIEMPO:

*Aquí hay 2 fenómenos interrelacionados: Histéresis y Creep.*

### HISTÉRESIS:

*Es la diferencia punto a punto de la carrera ascendente y descendente.*

*Se puede decir que depende de los siguientes factores:*

- *Transductor: material cuerpo, geometría, forma de trabajo (compresión, flexión, corte), adhesivo, tamaño del strain-gage, tensión de trabajo de los componentes, etc.*
- *Temperatura, carga máxima de ensayo,*
- *El efecto “tiempo” lo asignamos al efecto “Creep”*

*Fuera de la fábrica no se puede reducir su valor, pero sí su contribución a la incertidumbre → manteniendo constante la secuencia y la carga máxima de ensayo.*

*LAS MEDICIÓN DE HISTÉRESIS QUE OBTENEMOS SIEMPRE ESTÁ INFLUENCIADA POR EL CREEP.*

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### CREEP:

*Es la variación en la indicación del transductor a carga constante; es debido a la relajación de los materiales del transductor (cuerpo, adhesivo, strain-gage).*

*En fábrica se reduce su efecto con los “códigos de creep” de los strain-gage.*

*Se puede decir que depende de los siguientes factores:*

*- Transductor: material cuerpo, geometría, forma de trabajo (compresión, flexión, corte), adhesivo, tamaño del strain-gage, tensión de trabajo de los componentes, etc.*

*- Depende mucho de: Temperatura, carga máxima de ensayo, tiempo.*

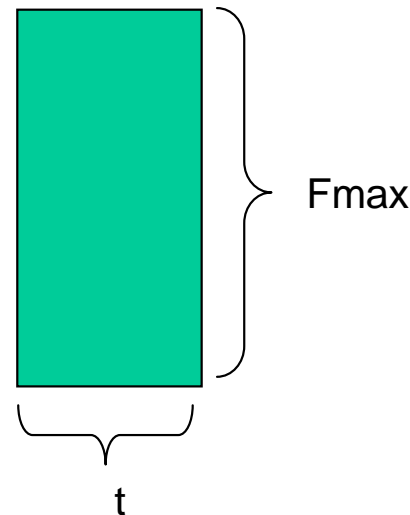
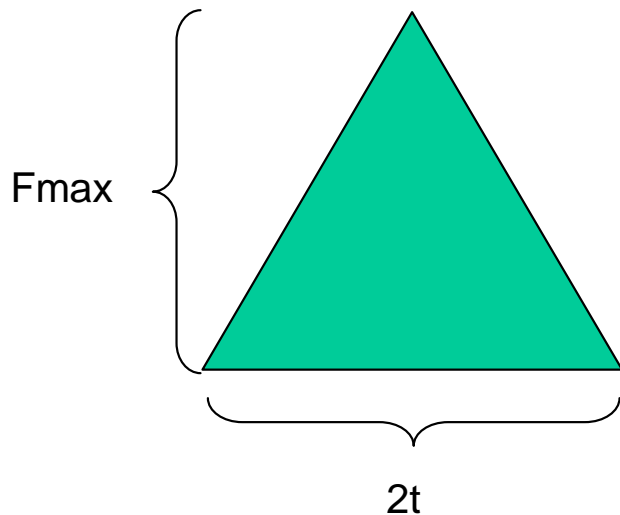
*Fuera de la fábrica no se puede reducir su valor, pero sí su contribución a la incertidumbre → manteniendo constante la secuencia, la carga máxima de ensayo, la temperatura de calibración y sobretodo el tiempo que dura el ciclo de carga – descarga.*

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### CREEP: UNA TEORÍA:

*El creep depende de la historia a corto plazo de carga. El creep será igual si la integral carga-tiempo es igual.*

$$c = f(F, t) = \int F \cdot dt = \sum F \cdot \Delta t$$



### MEDICIÓN:

*Se puede utilizar la ISO 376:11, o la OIML R60.*

*Otra teoría: la curva de recuperación del creep está “espejada” a la del creep a carga constante.*

*→ ISO 376:11 permite medir con o sin carga.*

*Pesos suspendidos → Cargado  
Comparación → Retorno*



## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### CARGA MÁXIMA DE ENSAYO:

*Como se dijo la histéresis y el creep se ven afectadas con cargas de ensayo reducidas. A cargas parciales ambos serán menores.*

*Si no se corrigen sus efectos → la incertidumbre es “pesimista”.*

*Si se corrigen sus efectos → la corrección es “optimista”.*

*También se ve afectada la curva de linealidad (indicación), pero en menor medida.*

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### FUERZAS TRANSVERSALES:

*Estas actúan sobre el transductor generando momentos flectores y/o modificando el estado de tensión bi o tri-axial del material en la zona de medición. Como afecte será función de la geometría y la compensación del transductor.*

*Se miden con dinamómetros de 6 coordenadas o se estiman con sistemas built-up*

### EXCENRICIDAD:

*Del mismo modo generan momentos flectores y/o modifican el estado de tensión del material en la zona de medición.*

*Se calculan midiendo los momentos flectores con dinamómetros de 6 coordenadas o se estiman con sistemas built-up*





## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES DIRECTAS.

### ALTERNATIVAS PARA FUERZAS LATERALES Y EXCENRICIDAD:

Hipótesis: Una carga excéntrica genera momentos sobre un transductor no articulado, para eliminar estos momentos, se articula “perfectamente” el transductor, entonces el sistema marco y pesas debe “girar” para encontrar la posición de equilibrio; este giro genera las fuerzas laterales.

→ Si articulo perfecto y no me gira el sistema → Tengo fuerzas y momentos reducidos.

Se utilizan niveles de 0,1mm/m en ambos ejes, y una muy buena articulación. Por ejemplo una esfera y 2 alojamientos planos.

Nota: En máquinas de comparación el “giro” lo absorben las tensiones desiguales de la estructura de la máquina → no es posible medirlo con la nivelación. → La mejor alternativa es el sistema Built-up

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES INDIRECTAS.

### CURVA DE INTERPOLACIÓN:

*Al calibrar s/ISO 376:11, se pueden tener entre otras estas opciones:*

$$F = A \cdot I_0^3 + B \cdot I_0^2 + C \cdot I_0 + D$$

Término independiente D

*= 0 es la realidad!  $F(0\text{mV/V})=0\text{kN}$*

*≠ 0 no es real, pero “matemáticamente” se tienen mejores resultados.*

*Si el error de interpolación es alto, puede ser debido a:*

- Falta de repetibilidad/reproducibilidad → evaluarlas independientemente.*
- Falla en la secuencia de ensayo → evaluar repetibilidad de carreras de histéresis.*
- Fallas en los accesorios por deformaciones importantes, rozamientos.*

*Deformación → B es alto, pues deforma en  $f() I^2$*

*Rozamiento → D es alto, pues el rozamiento cte.*

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES INDIRECTAS.

### AMPLIFICADORES:

*Para reducir la incertidumbre, conviene calibrar el conjunto indicador-transductor.*

*El efecto del amplificador sólo se puede conocer calibrándolo independientemente, verificando el efecto de los cables y los conectores.*

*El amplificador es bastante más sensible que el transductor, por ello se evita transportarlo, enviando a calibrar sólo el transductor. → Se requiere un calibrador.*

*En el amplificador conviene revisar:*

- *Fluctuación:* puede ser por ruidos eléctricos (ver puesta a tierra, ruido aéreo por antenas, campos eléctricos y/o magnéticos en las máquinas, etc), frecuencia del filtro o la integración.
- *Otros fuentes:* Temperatura, tiempo de calentamiento, tensión de excitación, etc.

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES INDIRECTAS.

### DERIVA TEMPORAL:

*Es la variación de la indicación a largo plazo. Depende de:*

- *Tiempo,*
- *condiciones ambientales de uso y almacenaje,*
- *frecuencia y condiciones de uso,*
- *transporte en condiciones ambientales extremas (avión)*

*Se podría reducir manteniendo condiciones ambientales estables (humedad moderada), evitando el transporte innecesario.*

*Se reduce su incidencia con un buen estudio de deriva, en el cual se pueda predecir y aplicar un polinomio de corrección; también reduciendo plazo entre calibraciones, o midiendo con el equipo “recién calibrado”.*

## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES INDIRECTAS.

### TOMA DE DATOS:

*Tiene que ver el tiempo de estabilización de la lectura, la fluctuación y la tendencia de la misma.*

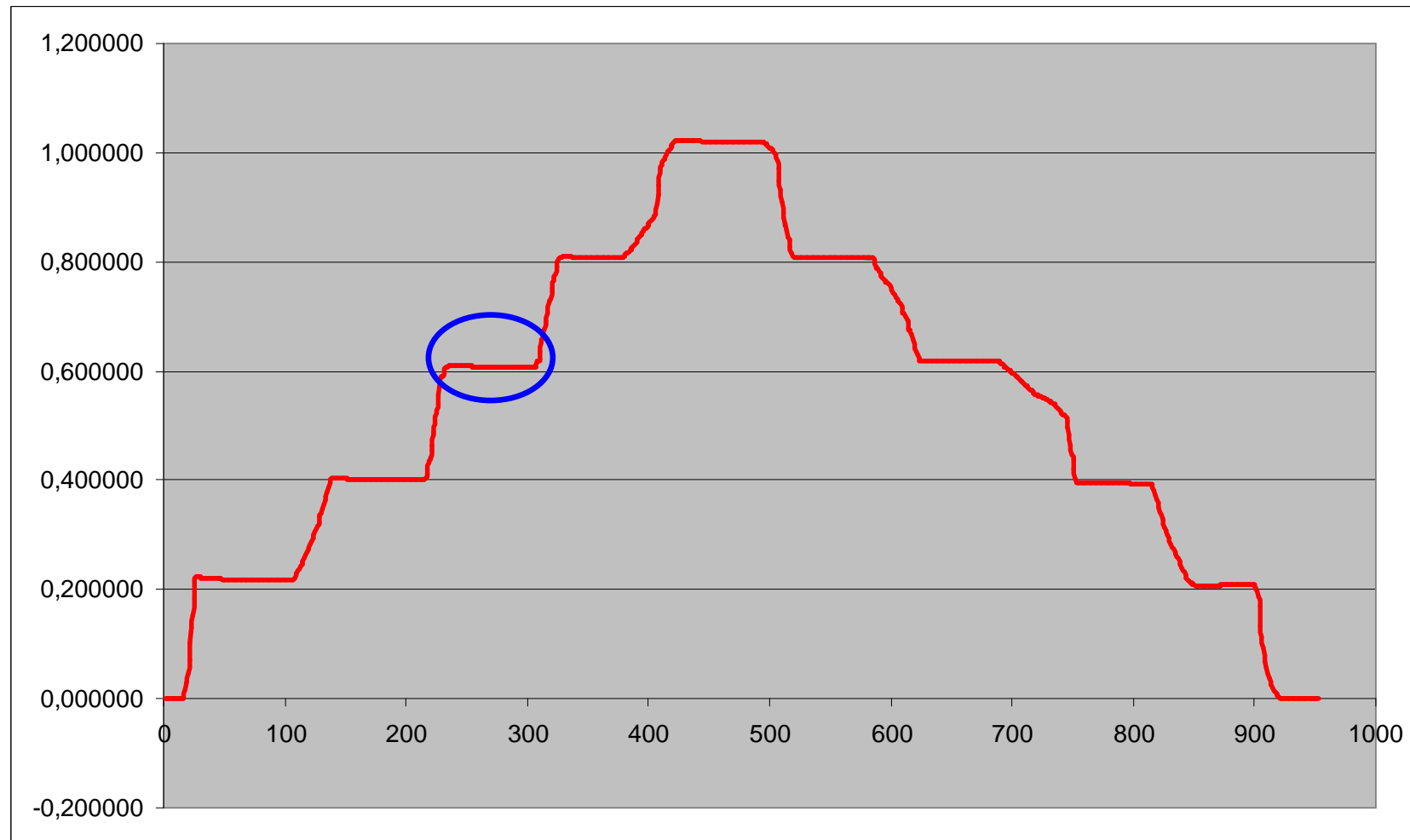
*-Se recomienda respetar los tiempos de medición ( $\Sigma F \cdot dt$ ). s/ISO 376, la lectura se toma a los 30s de alcanzada la estabilidad (no habla del tiempo que se demora de pasar de un escalón al siguiente).*

*- Se puede plantear p.ej lecturas cada 120s, de los cuales 60s son para el cambio de la carga y 60s para estabilizar la lectura.*

*- Si es posible, medir en tiempo real Patrón e Incógnita, la “estabilidad” de la lectura se consigue cuando el coef. Kts es constante.*

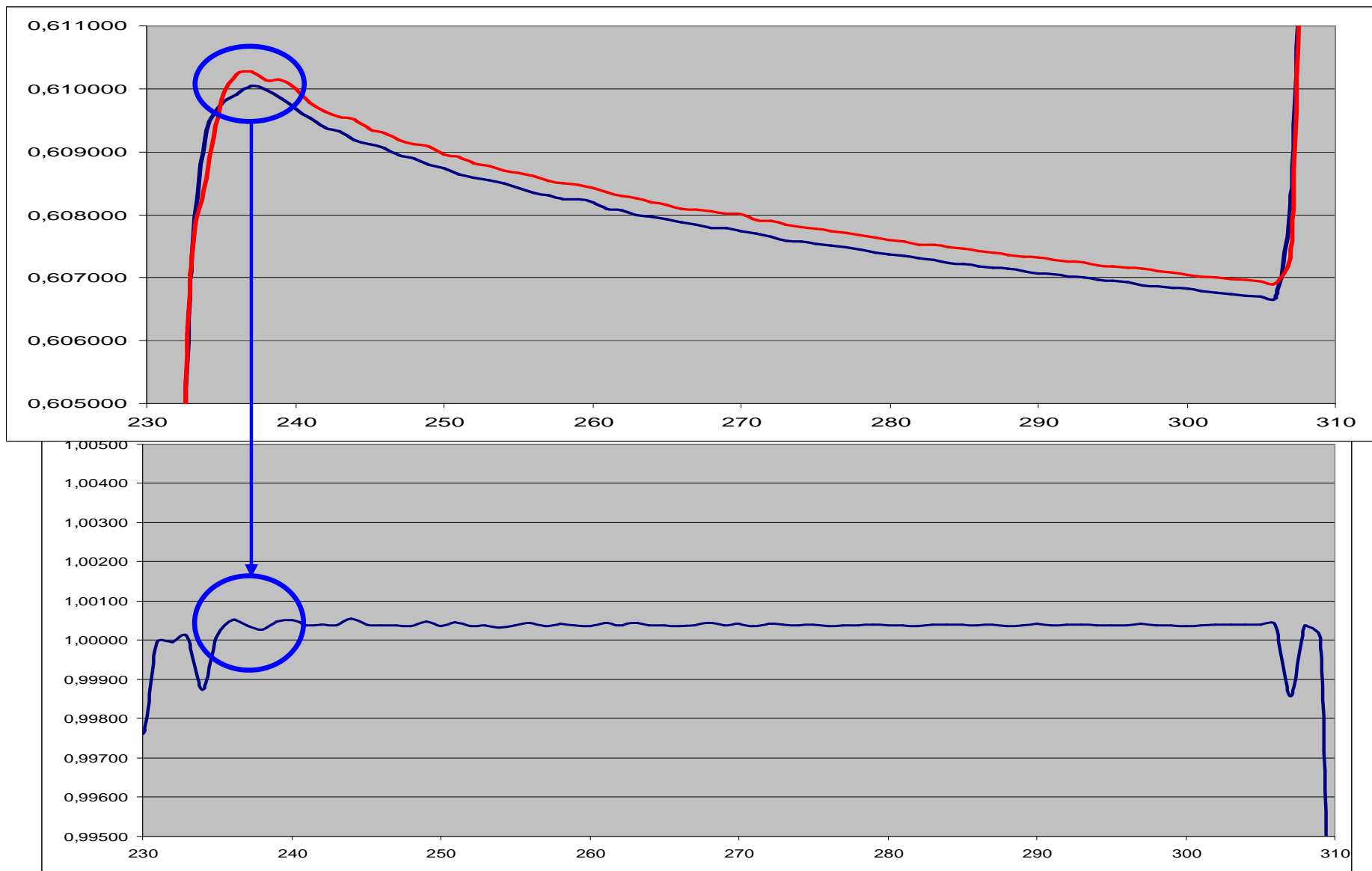
## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES INDIRECTAS.

EJEMPLO:





## Patrones de Transferencia – MAGNITUDES INDIRECTAS.





## Patrones de Transferencia – ENSAYOS PROPUESTOS.

### ENSAYOS PROPUESTOS:

*Con todo lo visto, se podría evaluar el comportamiento de la siguiente manera:*

- Cargas parciales, por ej. Al 20, 40, 60, 80 y 100%.*
- Secuencias con distintos tiempos, p.ej. Tiempo entre lecturas de 2, 5, 10 minutos.*
- Generar excentricidades conocidas.*
- Ensayar sin la articulación.*





## Reproducción de la Magnitud en FCM.

*Los conceptos anteriores son aplicables en este tipo de equipos.*

Ministerio de Industria  
Presidencia de la Nación



MUCHAS GRACIAS

Dirección: Av. General Paz 5445 (CP 1650)  
San Martín, Buenos Aires, Argentina

Teléfono +5411 4724 - 6200

E-mail: [asavarin@inti.gov.ar](mailto:asavarin@inti.gov.ar)

Octubre de 2014

