

Development of innovative training solutions in the field of functional evaluation aimed at updating of the curricula of health sciences schools



MODULO BIOMECÁNICA DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Unidad didáctica D: ANALISIS INSTRUMENTAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

D.2. ¿Cuáles son los protocolos de valoración biomecánica instrumental de la región dorsal y lumbar?

D.2. ¿Cuáles son los protocolos de valoración biomecánica instrumental de la región dorsal y lumbar

OBJETIVOS

- Recordar los principales elementos que definen una prueba de valoración biomecánica
- Conocer algunos protocolos utilizados para la valoración cinemática del raquis dorsal y lumbar
- Conocer algunos protocolos utilizados para la valoración de fuerza y actividad muscular en raquis dorsolumbar

D.2. ¿Cuáles son los protocolos de valoración biomecánica instrumental de la región dorsal y lumbar

INDICE

- **Recuerda: ¿qué es una prueba biomecánica? ¿qué incluye?**
- **Protocolos para la valoración del movimiento**
- **Protocolos para la valoración de la fuerza**
- **Valoración de la actividad muscular: EMG de superficie**

D.2. ¿Cuáles son los protocolos de valoración biomecánica instrumental de la región dorsal y lumbar

INDICE

- **Recuerda: ¿qué es una prueba biomecánica? ¿qué incluye?**
- Protocolos para la valoración del movimiento
- Protocolos para la valoración de la fuerza:
- Valoración de la actividad muscular: EMG de superficie

¿Qué es una prueba biomecánica? ¿qué incluye?

Una prueba de valoración biomecánica es una **prueba complementaria** que es llevada a cabo a través del uso de técnicas instrumentales de diferente tipo.



¿Qué es una prueba biomecánica? ¿qué incluye?

Existen diferentes pruebas de valoración biomecánica. Los aspectos que las determinan son:

- La función a valorar.
- La técnica instrumental empleada en la valoración.
- **El protocolo de valoración empleado.**
- Los resultados obtenidos, en qué unidades y con qué técnicas de análisis de datos se han obtenido.
- La existencia de criterios estándar para la interpretación de los resultados.

D.2. ¿Cuáles son los protocolos de valoración biomecánica instrumental de la región dorsal y lumbar

INDICE

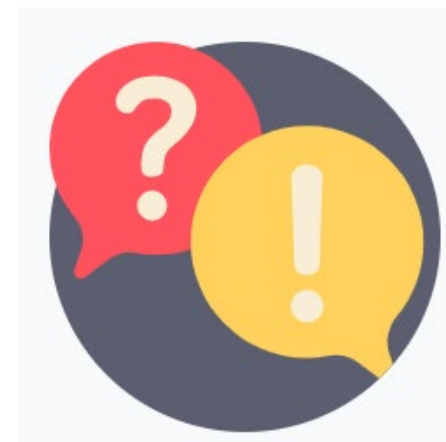
- Recuerda: ¿qué es una prueba biomecánica? ¿qué incluye?
- **Protocolos para la valoración del movimiento**
- Protocolos para la valoración de la fuerza:
- Valoración de la actividad muscular: EMG de superficie

Protocolos para valorar el movimiento

Columna dorsolumbar: ¿protocolos?

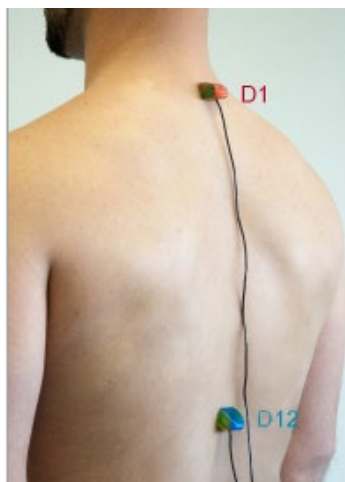
Podemos decidir medir cualquier otro gesto siempre y cuando:

- Sepamos elegir la técnica instrumental adecuada
- Modelo biomecánico adecuado
- Protocolo correcto, bien definido y estandarizado
- Tratamiento de datos correcto
- Resultados obtenidos válidos y fiables
- Interpretación estandarizada de los resultados



Protocolos para valorar el movimiento

INCLINOMETRÍA



 NedRangos/IBV

Sistema de inclinometría electrónico consistente en 2 inclinómetros:

Colocación de los inclinómetros para la valoración de los ejes de movimiento de flexoextensión y rotación dorsal

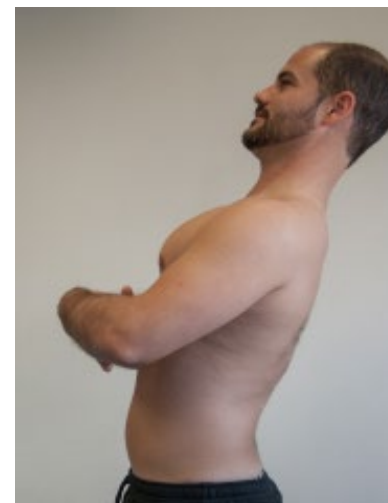
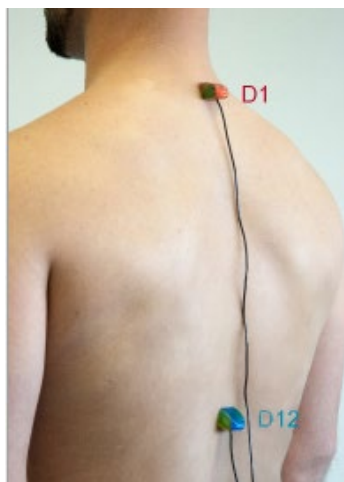
Protocolo basado en guía de la **American Medical Association.**

Medida de postura neutra y posterior realización de movimiento activo o pasivo máximo a valorar (flexión y rotación).

Mínimo 3 medidas válidas según criterio de repetibilidad AMA: difieren en menos del 10% o 5° entre sí.

Protocolos para la valoración del movimiento

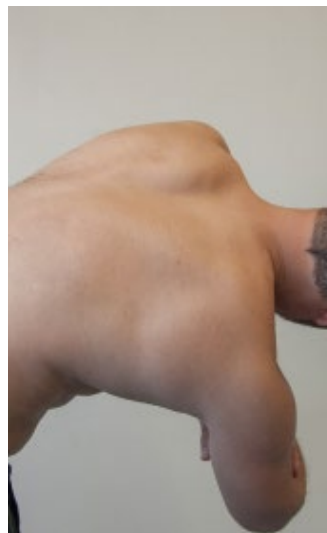
INCLINOMETRÍA : flexoextensión dorsal



1. Postura neutra
2. Movimiento máximo de flexión (aumento de cifosis)
3. Movimiento máximo de extensión (reducción de cifosis, apertura de pecho)

Protocolos para la valoración del movimiento

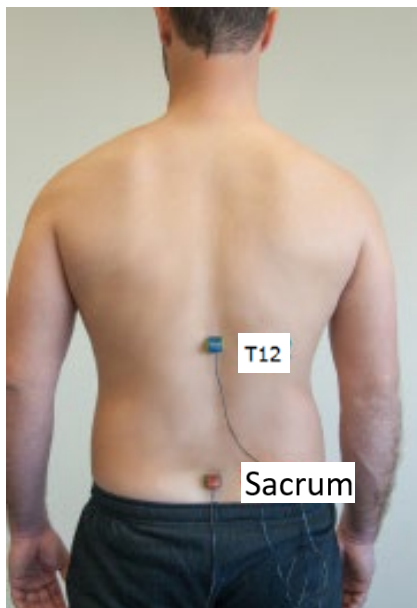
INCLINOMETRÍA : rotación dorsal



1. Postura neutra (tronco en flexión, brazos cruzados, sin rotación)
2. Movimiento máximo rotación Izquierda y Derecha (rotación con tronco en flexión, llevar codo hacia el techo)

Protocolos para la valoración del movimiento

INCLINOMETRÍA



Sistema de inclinometría electrónico consistente en 2 inclinómetros:

Colocación de los inclinómetros para la valoración de los ejes de movimiento de flexoextensión y flexión lateral lumbar.

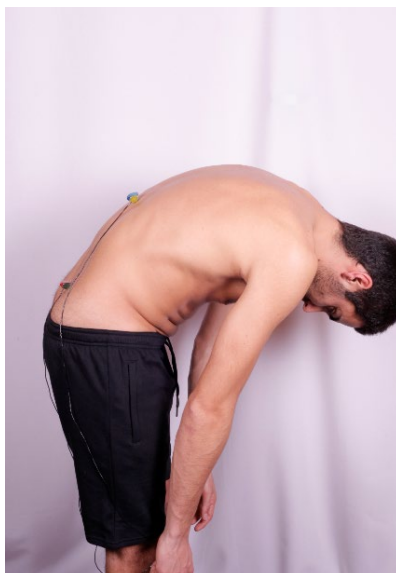
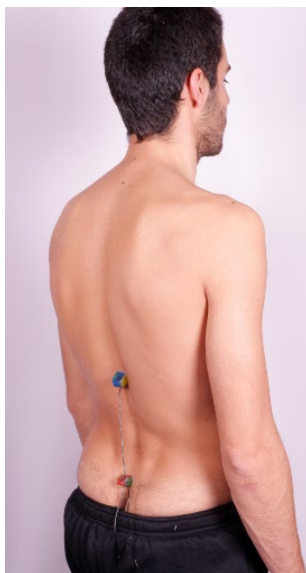
Protocolo basado en guía de la American Medical Association. Medida de postura neutra y posterior realización de movimiento activo o pasivo máximo a valorar.



Mínimo 3 medidas válidas según criterio de repetibilidad AMA: difieren en menos del 10% o menos de 5°.

Protocolos para la valoración del movimiento

INCLINOMETRÍA : flexoextensión lumbar



1. Postura neutra
2. Movimiento máximo de flexión (punta de dedos hacia el suelo)
3. Movimiento máximo de extensión

Protocolos para la valoración del movimiento

INCLINOMETRÍA y flexoextensión lumbar: PRUEBA DE VALIDEZ LUMBAR

Comprobación adicional a repetibilidad AMA: una prueba de flexoextensión lumbosacra válida tiene en cuenta la movilidad de caderas a nivel del sacro:

- ♂ Rango flexoextensión sacra $> 55^\circ$
- ♀ Rango flexoextensión sacra $> 65^\circ$

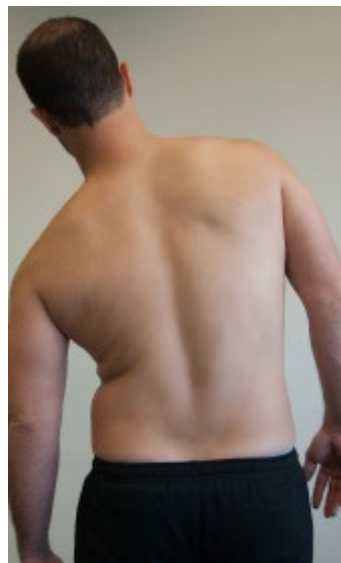
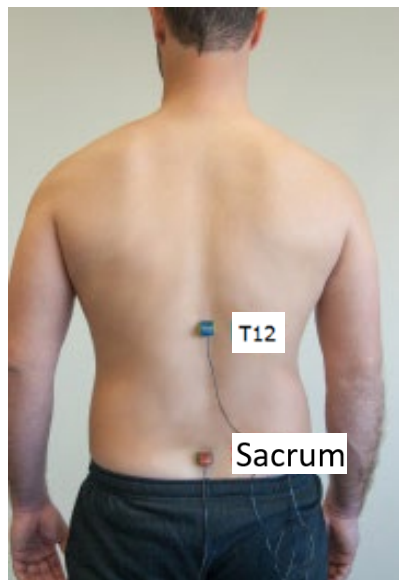
Si no se cumple, se recomienda prueba de validez:



Prueba válida : ángulo menor de elevación pasiva no supera en más de 15° a flexoextensión sacra

Protocolos para la valoración del movimiento

INCLINOMETRÍA : flexiones laterales



1. Postura neutra
2. Movimiento máximo de flexión Izquierda y Derecha (brazo por lateral del cuerpo)

Protocolos para la valoración del del movimiento

INCLINOMETRÍA



	Neutral Posture (T12/S1)	FLEX Posture (T12/S1)	EXT Posture (T12/S1)	FLEXION	AMA	EXTENSION	AMA
1ª	-0.9° / 1.5°	52.4° / 8.9°	-19.0° / -11.7°	45.0°	>5°	4.0°	>5°
2ª	-4.7° / -5.8°	46.1° / 12.9°	-19.8° / -9.1°	32.0°	OK	11.0°	OK
3ª	-1.2° / -0.2°	45.9° / 13.2°	-34.1° / -7.5°	33.0°	OK	25.0°	>5°

	Neutral Posture (T1/T12)	Left Posture(T1/T12)	Right Posture(T1/T12)	Left ROTATION	AMA	Right ROTATION	AMA
1ª	2.5° / -2.3°	22.4° / 2.0°	-25.8° / -8.8°	15.0°	OK	21.0°	OK
2ª	-3.6° / -2.5°	28.8° / 4.8°	-26.2° / -9.5°	25.0°	OK	15.0°	OK
3ª	-0.8° / -3.5°	26.0° / 5.3°	-28.9° / -11.2°	18.0°	OK	20.0°	OK

	Neutral Posture (T12/S1)	Left Posture(T1/T12)	Right Posture(T1/T12)	Left LAT. FLEXION	AMA	Right LAT. FLEXION	AMA
1ª	-2.6° / 1.3°	-21.1° / -0.5°	13.9° / 2.3°	16.0°	OK	15.0°	OK
2ª	-1.3° / 0.6°	-21.6° / -1.4°	17.2° / 2.3°	18.0°	OK	16.0°	OK
3ª	-0.7° / 1.0°	-21.4° / -1.6°	17.8° / 2.0°	18.0°	OK	17.0°	OK

Protocolos para la valoración del del movimiento

FOTOGRAMETRÍA



NedLumbar/IBV
Valoración de la Columna Lumbar

Segments

Cervical

C7 Left



C7 Right

C7 Lower

Thoracic

T12

Lumbar

Left iliac crest

L3

Pelvic

L5

Sacrum

Thigh

Middle third femur

Lateral femoral condyle

Leg

Middle third fibula

Protocolos para la valoración del movimiento

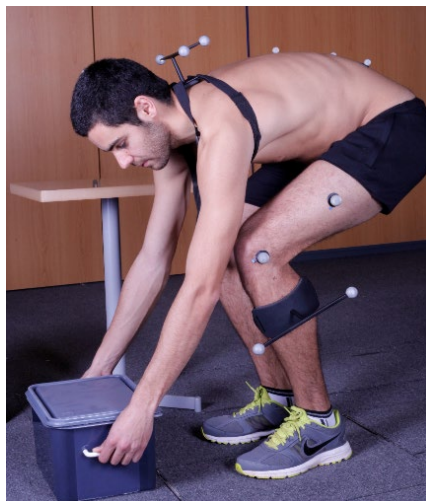
FOTOGRAMETRÍA : “prueba levantarse de una silla”



- Se realiza en al menos 3 ocasiones (recomendadas 5).
- Silla sin respaldo ni apoyabrazos.
- Gesto sin apoyo en miembros superiores.
- Inicio con ambos pies apoyados, rodillas 90° aproximadamente.
- Gesto fluido, en 1 solo impulse.

Protocolos para la valoración del movimiento

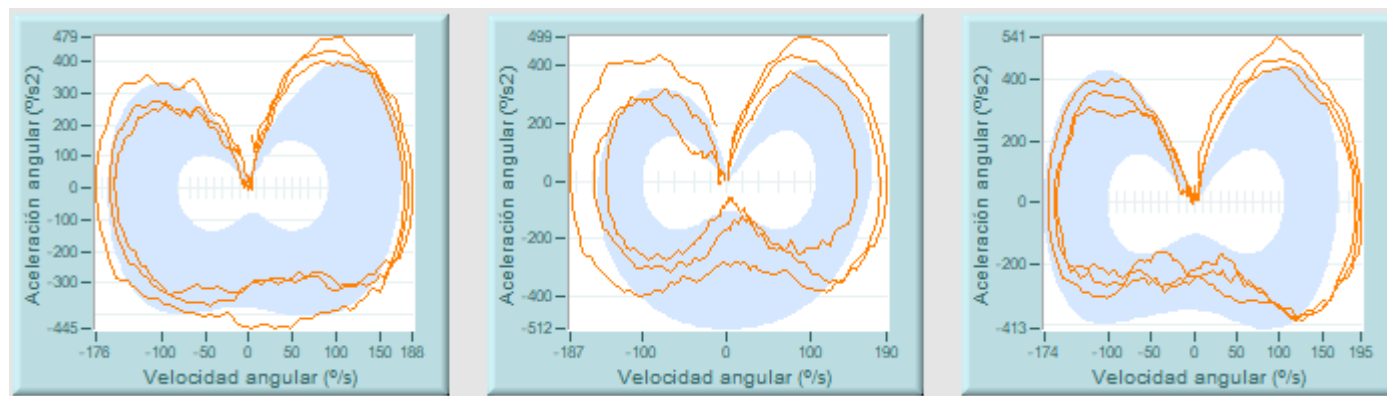
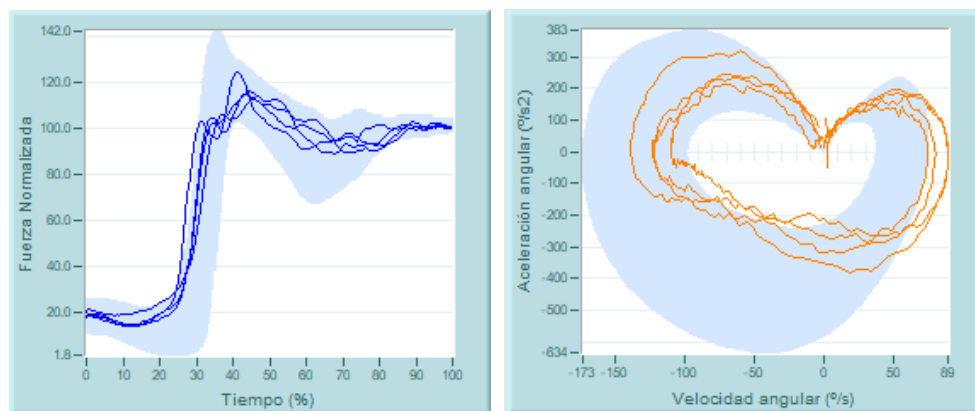
FOTOGRAMETRÍA : “prueba levantar peso”



- Cada ciclo con 3 cargas: 5kg, 0 kg, 10kg.
- Se realiza en al menos 3 ocasiones.
- Se solicita flexion de tronco y cadera, discreta flexion de rodilla
- Partiendo de bipedestación, asir cada caja y llevar hacia el abdomen. Colocar encima de la mesa.

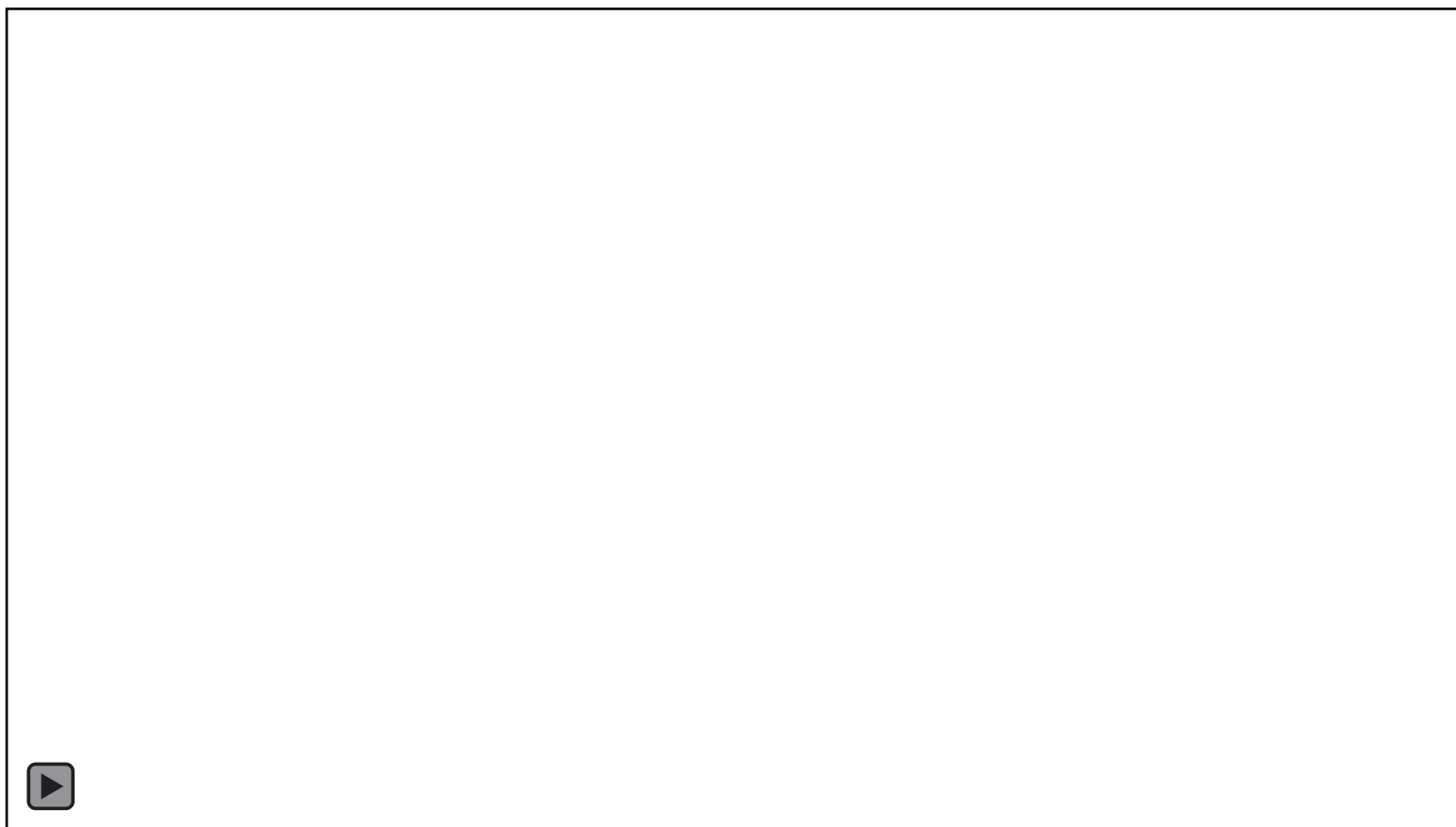
Protocolos para la valoración del movimiento

FOTOGRAMETRÍA



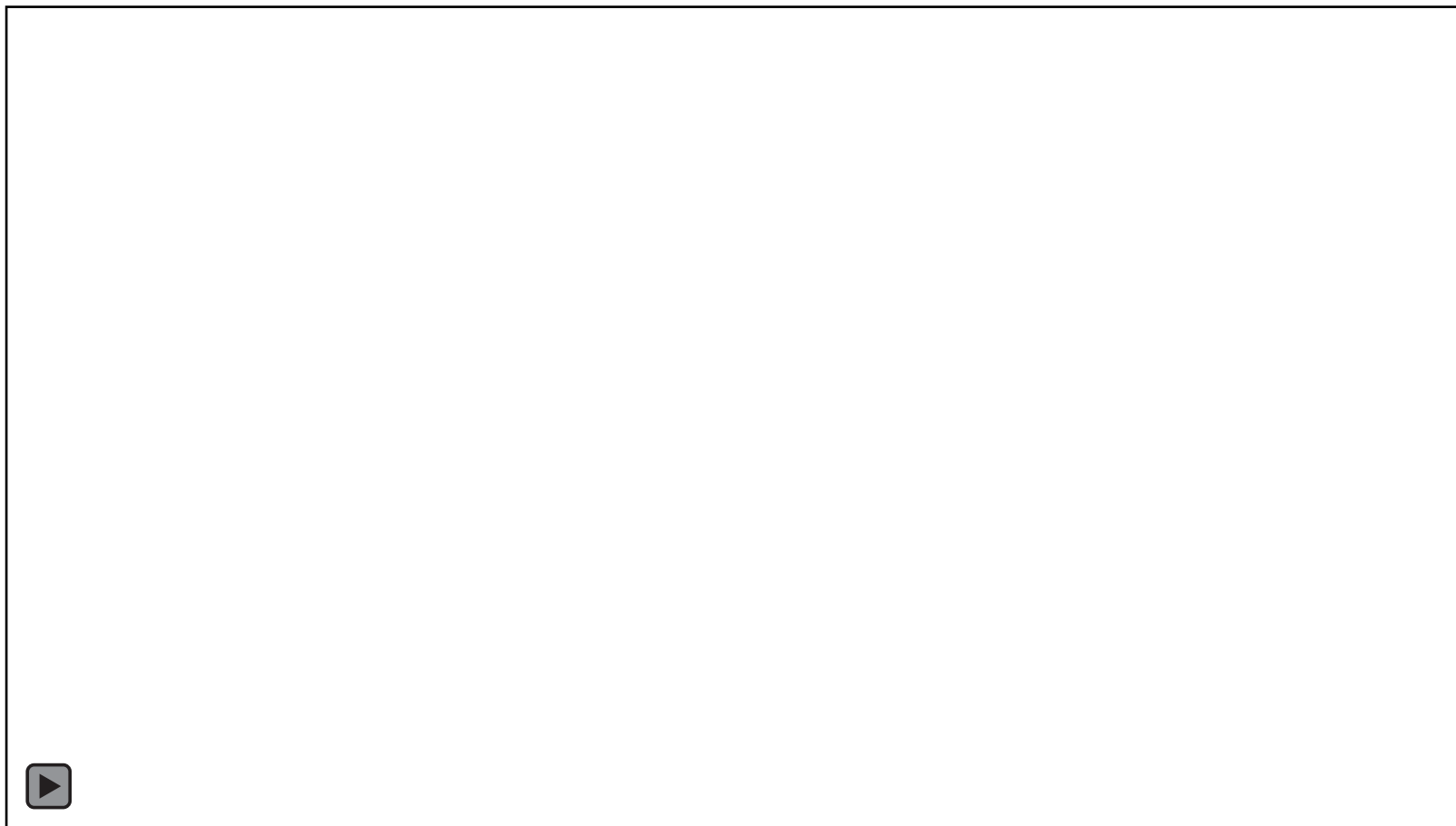
Protocolos para la valoración del movimiento

FOTOGRAMETRÍA: levantarse de una silla



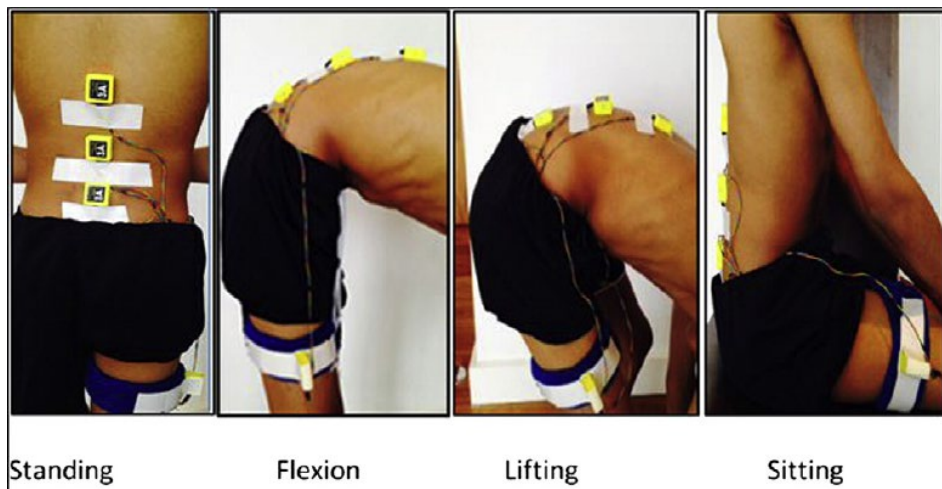
Protocolos para la valoración del movimiento

FOTOGRAMETRÍA: levantar un peso



Protocolos para la valoración del movimiento

Alqhtani RS et al. también valoran AVD: bipedestación, flexion, levantar objeto y sedestación.



Sistema de acelerometría: 4 sensores S1, L3, T12, y muslo lateral

Medida de movimiento relativo entre sensores: ángulo de cadera, region lumbar baja y alta.

Calentamiento previo (flexoextensión y rotación tronco)

Gestos medidos:

Inicio de pie sobre marcas en el suelo, posición recta con vista en marca predeterminada en la pared a 2m de altura. Brazos relajados a los lados del cuerpo.

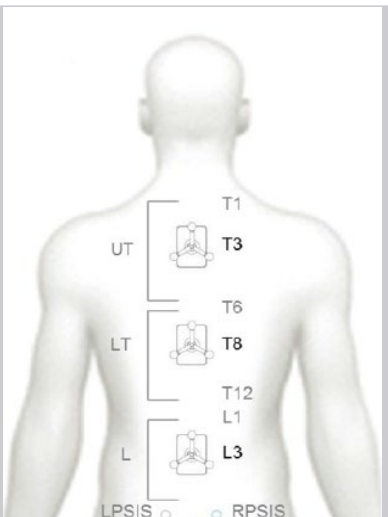
Movimientos: flexion anterior máxima, levantar un objeto del suelo (como una caja de madera con asas) y sentarse y levantarse de un taburete.

Se realiza un gesto completo de prueba antes de la medida.

Protocolos para la valoración del movimiento

Otros protocolos:

Needham R. et al. y Steele J. et al se centran en la valoración cinemática del raquis durante la realización de una actividad habitual: la marcha

Autor/es	Objetivo estudio
Needham R. et al.	Desarrollar y validar un modelo cinemático multisegmentario para valorar el movimiento del raquis lumbar y dorsal durante la marcha.
Protocolo utilizado	
<p>Medida cinemática del raquis: modelo de Marcadores</p> <p>Validado con modelo Mecánico. Medidas comparadas con Electrogoniómetro y Torsiómetro.</p> <p>Permite medida angular 3D (ejes XZY)</p>	 <p>Deambular descalzos en pasillo de marcha a velocidad autoseleccionada.</p> <p>Se usó Sistema Wireless timing gates (Brower Timing Systems, Draper, UT, USA) para asegurar que se alcanzaba dicha velocidad.</p> <p>Se realizan 5 medidas o pasadas en pasillo de marcha, asegurando pisada sobre 2 plataformas dinamométricas.</p> <p>Todo el proceso se repite a la semana (estudio repetibilidad test-retest)</p>

Protocolos para la valoración del movimiento

Otros protocolos:

Valoración cinemática del raquis durante la realización de una actividad habitual: la marcha

Autor/es	Objetivo estudio
Steele et al.	Estudiar la relación entre la cinemática del raquis durante la marcha con el dolor y la fuerza extensora de raquis lumbar en sujetos con lumbalgia

Protocolo utilizado

Modelo de marcadores pélvico y toracolumbar.
Permite la medida de movilidad lumbar respecto a pelvis en 3D.



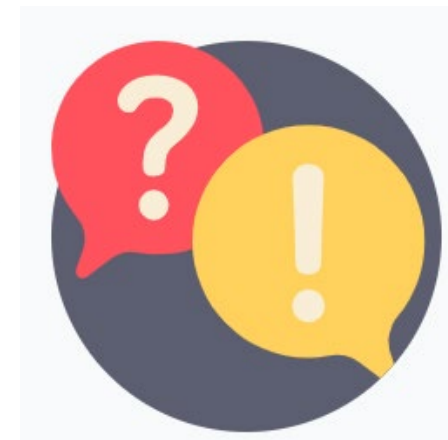
El sujeto deambula a velocidad autoseleccionada a través de un pasillo de marcha marcado de 8m de longitud.
Se recogían al menos 5 pasadas o intentos.

Protocolos para la valoración del movimiento

Raquis dorsolumbar: ¿otros protocolos?

Podemos decidir medir cualquier otro gesto siempre y cuando:

- Sepamos elegir la técnica instrumental adecuada
- Modelo biomecánico adecuado
- Protocolo correcto, bien definido y estandarizado
- Tratamiento de datos correcto
- Resultados obtenidos válidos y fiables
- Interpretación estandarizada de los resultados



D.2. ¿Cuáles son los protocolos de valoración biomecánica instrumental de la región dorsal y lumbar

INDICE

- Recuerda: ¿qué es una prueba biomecánica? ¿qué incluye?
- Protocolos para la valoración del movimiento
- **Protocolos para la valoración de la fuerza**
- Valoración de la actividad muscular: EMG de superficie

Protocolos para la valoración de la fuerza

DINAMOMETRÍA ISOMÉTRICA

- Dispositivos para medir la fuerza resistida sin cambio de longitud de de las fibras musculares: sin desplazamiento articular
- Protocolos diversos

Dinamómetro manual de Evaluación Músculo Esquelética MicroFET2



Valoración de fuerza isométrica en cada arco, incluyendo fuerza de tronco, especialmente en la **extensión**. Determinación de máximo pico de fuerza y generación de curvas o gráficos de fuerza.

Información e imágenes extraídas de:

<https://tienda.fisaude.com/dinamometro-evaluacion-musculo-esqueletica-microfet2-p-39680.html>

Protocolos para la valoración de la fuerza

DINAMOMETRÍA ISOMÉTRICA: algunos protocolos de valoración de fuerza de raquis dorsolumbar en la bibliografía.

Autor/es	Objetivo estudio
Pranata A. et al	Estudiar la habilidad para el control de la fuerza extensora lumbar en sujetos con dolor lumbar crónico y analizar si ésta se relaciona con el nivel de discapacidad percibida.

Protocolo utilizado

Lumbar extensor maximal voluntary isometric contraction (MVIC) was measured to derive submaximal values (20-50% or MVIC) for the target-matching task in a supported seated position using a lumbar extensor dynamometer (MedX). The MedX stabilises the pelvis via a restraint system which prevents pelvic rotation isolating the lumbar extensor muscle group

Previous 30-second warm-up: lumbar flexion and extension (pain free range of motion)

Posture: neutral spine position (12° flexion, 0° being full extension) with their back supported by the backrest . Subjects should press their back against the backrest increasing isometric force to MVIC over a 4-second period



Protocolos para la valoración de la fuerza

DINAMOMETRÍA ISOMÉTRICA: algunos protocolos de valoración de fuerza de raquis dorsolumbar en la bibliografía.

Autor/es	Objetivo estudio
Pranata A. et al	Estudiar la habilidad para el control de la fuerza extensora lumbar en sujetos con dolor lumbar crónico y analizar si ésta se relaciona con el nivel de discapacidad percibida.

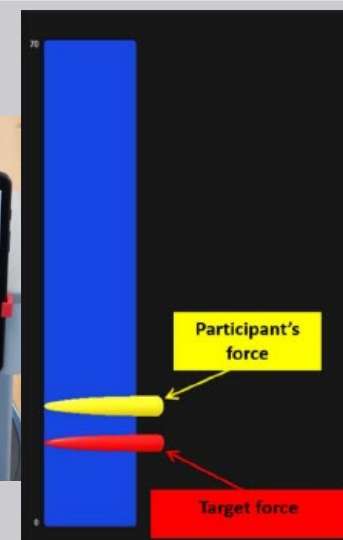
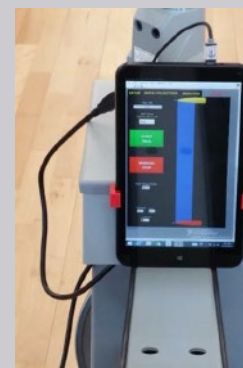
Protocolo utilizado

Lumbar extensor force matching task:

Subjects should match the force target as accurately as possible by increasing and decreasing isometric force production from 20 to 50% MVIC at a frequency of 0.16 Hz

The lower and upper force target limits (i.e., 20% and 50% MVIC) were selected based on lumbar extensor contraction intensities utilised during activities of daily living

Two trials of 60s duration with a 30-second rest period between Trials were performed. Visual feedback was provided. No verbal encouragement was provided and the testing and environment was kept silent.



Protocolos para la valoración de la fuerza

DINAMOMETRÍA ISOCINÉTICA

Evalúa el momento (F_{xd}) de fuerza generado en una articulación o segmento corporal a una velocidad y en un rango de movilidad predeterminados.

Diferentes posiciones: sedestación, bipedestación, en prono, supino y en decúbito lateral. La posición de sedestación parece ser la más adecuada, al permitir estabilizar la pelvis minimizando la acción muscular de la cadera.

En este caso el desarrollo de un protocolo incluye seleccionar el rango total y la velocidad ($^{\circ}/s$) en la que se va a realizar la medida de la fuerza:

- Dependiendo de la patología evaluada, diferentes rangos y velocidades pueden provocar limitaciones. Por ejemplo, en sujetos con patología facetaria, aparece dolor al extender el tronco a velocidad baja y rango máximo, disminuyendo el momento máximo generado.



Ferreira Quintino L. et al

D.2. ¿Cuáles son los protocolos de valoración biomecánica instrumental de la región dorsal y lumbar

INDICE

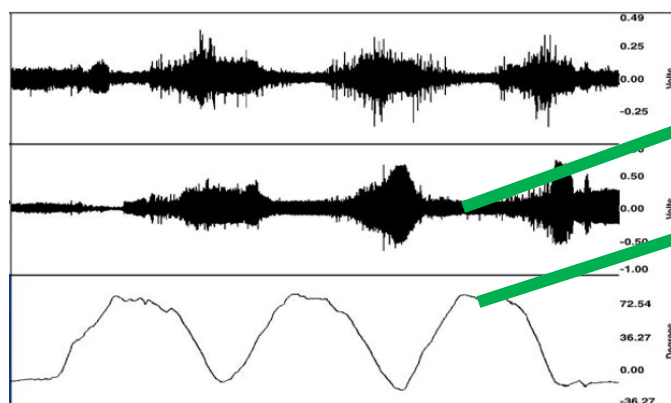
- Recuerda: ¿qué es una prueba biomecánica? ¿qué incluye?
- Protocolos para la valoración del movimiento
- Protocolos para la valoración de la fuerza
- **Valoración de la actividad muscular: EMG de superficie**

Valoración de la actividad muscular: EMG de superficie

EMG DE SUPERFICIE

Existen multitud de protocolos de valoración de la actividad muscular mediante el uso de EMG de superficie:

- **Medida del fenómeno flexión relajación a nivel de la columna lumbar:**
 - ✓ Relajación de la musculatura en posición de flexión máxima (sujetos sanos).
 - ✓ Existen protocolos diversos en cuanto a instrumentación y requisitos del gesto a realizar para valorar este fenómeno. Muchos de ellos determinan cuál es la flexión mínima requerida del raquis lumbar para que la valoración del fenómeno sea válida.



Puedes revisar un ejemplo de protocolo de realización de este tipo de test en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=rrMUmVgEOWg>

Protocolos para la valoración del raquis cervical

EMG DE SUPERFICIE

Chiou SY et al.

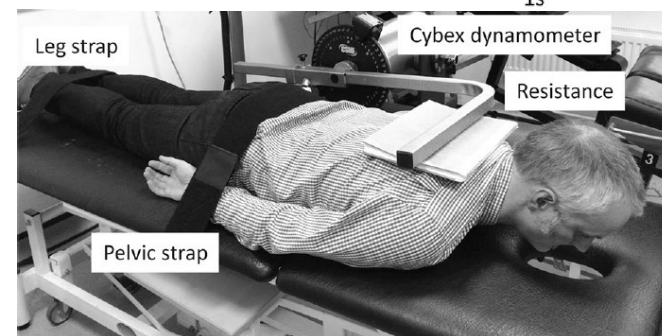
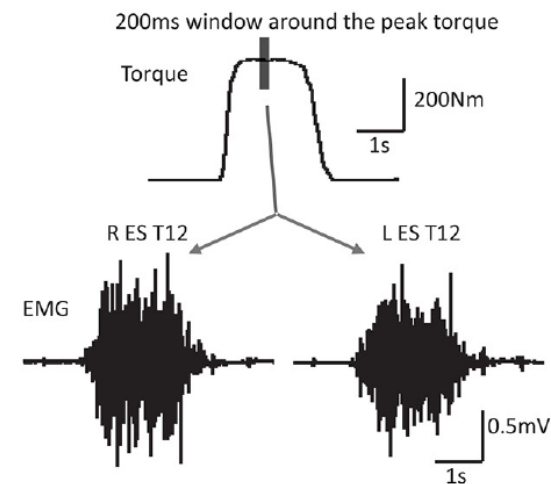
Objetivo estudio

Estudiar el control de la fuerza extensora lumbar (actividad EMG en términos de frecuencia) en sujetos con dolor lumbar y analizar si ésta se relaciona con la discapacidad percibida.

Protocolo utilizado

Electrodos bilaterales en erector spinae L4 y T12 (EMG).
Subjects performed three brief maximal voluntary isometric contractions (MVICs) of the back extensors and the torque was measured using a dynamometer.

Se estudia la frecuencia de la señal de EMG en el momento de producción del peak torque. Se obtienen: ratio (low/high frequencies) of the energy, peak power and the frequency of the peak power for each recording site, averaged and correlated.




Protocolos para la valoración de la actividad muscular

EMG DE SUPERFICIE: otros protocolos

La **SENIAM** (Surface Electromyography for the non-invasive assessment of muscles) incluye una serie de propuestas para la valoración de la actividad de músculos del tronco, incluyendo recomendaciones para la acción o movimiento a realizar durante la medida. Entre otros:

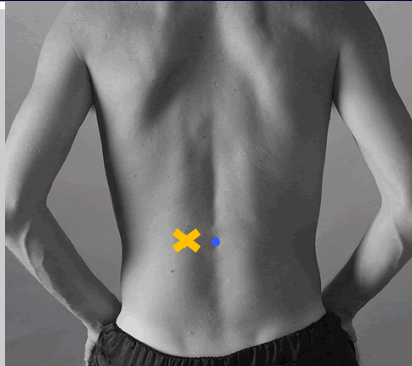
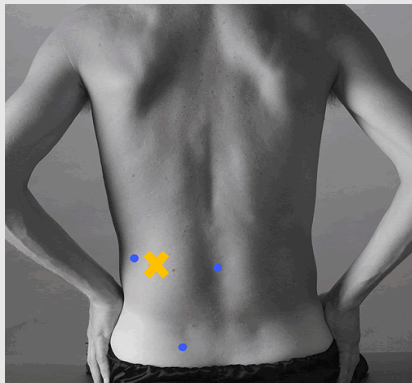
<http://www.seniam.org/>

Músculo	Sensores EMG (X)	Actividad/test
Multifidus		Clinical testing would consist on Lifting the trunk from a prone position

Protocolos para la valoración de la actividad muscular

EMG DE SUPERFICIE: otros protocolos

<http://www.seniam.org/>

Músculo	Sensores EMG (X)	Actividad/test
Erector spinae longissimus		Clinical testing would consist on Lifting the trunk from a prone position
Erector spinae iliocostalis		

CONCLUSIONES

- Existen múltiples protocolos en la evaluación del raquis dorsolumbar con técnicas instrumentales, ya sea en la medida de fuerza, movimiento, actividad muscular u otros.
- En teoría, cualquier gesto podría ser evaluado con técnicas instrumentales siempre que elijamos la correcta, el protocolo sea adecuado, el tratamiento de los datos sea correcto y tengamos criterios estandarizados para interpretar los resultados.
- El protocolo de medida en cualquier caso debe incluir: la instrumentación (si se requiere), el gesto que medimos, el número de repeticiones, las instrucciones previas y órdenes al evaluado durante la prueba, la postura del sujeto antes y durante la medida, los tiempos (descansos, pruebas), y el mayor número de detalles posible para permitir que cualquier persona pueda reproducir el mismo protocolo.
- En la definición de un protocolo de medida se deben tener en cuenta todos los posibles factores que puedan alterar la validez (medimos lo que queremos medir) y fiabilidad (si se repitiera el protocolo por el mismo o por otro evaluador en las mismas condiciones, los resultados serían equivalentes) de los resultados.

Actividad de clase(30')

Trabajo en grupos:

1. Lectura del artículo de S. Alqhtani et al. con detenimiento.
2. Mirar el protocolo de medida incluyendo la instrumentación, los movimientos, las condiciones y las órdenes.
3. ¿Podrías reproducirlo de manera experimental?
4. ¿Crees que falta algo en la descripción del experimento para poder reproducirlo de manera? ¿El qué? ¿Por qué es esto tan importante y como podría afectar a los resultados obtenidos?

Comparte tus conclusiones con tus compañeros

Referencias

- Alqhtani, R. S., Jones, M. D., Theobald, P. S., & Williams, J. M. (2015). Correlation of lumbar-hip kinematics between trunk flexion and other functional tasks. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 38(6), 442-447.
- Needham, R., Naemi, R., Healy, A., & Chockalingam, N. (2016). Multi-segment kinematic model to assess three-dimensional movement of the spine and back during gait. *Prosthetics and orthotics international*, 40(5), 624-635. Needham R. et al.
- Steele, J., Bruce-Low, S., Smith, D., Jessop, D., & Osborne, N. (2014). Lumbar kinematic variability during gait in chronic low back pain and associations with pain, disability and isolated lumbar extension strength. *Clinical Biomechanics*, 29(10), 1131-1138.
- Pranata, A., Perraton, L., El-Ansary, D., Clark, R., Fortin, K., Dettmann, T., ... & Bryant, A. (2017). Lumbar extensor muscle force control is associated with disability in people with chronic low back pain. *Clinical Biomechanics*, 46, 46-51.
- Chiou, S. Y., Koutsos, E., Georgiou, P., & Strutton, P. H. (2018). Association between spectral characteristics of paraspinal muscles and functional disability in patients with low back pain: a cohort study. *BMJ open*, 8(2), e017091.
- Quintino, L. F., Franco, J., Gusmão, A. F. M., Silva, P. F. D. S., & Faria, C. D. C. D. M. (2018). Trunk flexor and extensor muscle performance in chronic stroke patients: a case-control study. *Brazilian journal of physical therapy*, 22(3), 231-237.

Páginas web:

<https://tienda.fisaude.com/dinamometro-evaluacion-musculo-esqueletica-microfet2-p-39680.html>

<http://www.seniam.org/>





El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

