

Poligrafía Práctica: Entendimiento y Manejo del Pletismógrafo Fotoeléctrico Vasomotor



**Por Mark Handler y
Raymond Nelson**

Traductor

rodolfo@poligrafia.com.mx

Poligrafía Práctica: Entendimiento y Manejo del Pletismógrafo Fotoeléctrico Vasomotor

Por Mark Handler^{1 2} y

Raymond Nelson³

El término "pletismógrafo" se deriva del término griego "plethymos" que significa "ampliación" o "plenitud", por lo que el pletismógrafo es un dispositivo para medir y registrar dichos cambios. Ejemplos de pletismógrafos podrían incluir tanto el sensor de manga de cardio, como los sensores respiratorios - ya que ambos responden a los cambios en la presión circunferencial. Más a menudo cuando se hace referencia del pletismógrafo, los examinadores poligráficos se refieren a un sensor vasomotor, en la forma de un pletismógrafo fotoeléctrico (PLE)⁴.

1 Mark Handler es un ex examinador poligráfico policial quien regularmente enseña en programas de entrenamiento poligráfico, y es empleado de Converus, Inc., una compañía que comercializa tecnología de evaluación de la credibilidad. El Sr. Handler actualmente se desempeña como editor en jefe de la APA. El Sr. Handler es uno de los desarrolladores de los modelos OSS-3 y ESS para el análisis de datos de prueba poligráfica y ha publicado numerosos artículos sobre muchos aspectos de la prueba poligráfica.

2 No hay intereses financieros o de propiedad asociados con esta publicación. Los puntos de vista y opiniones expresados aquí, son los de los autores y no necesariamente los de LIC, APA o Converus Inc.

3 Raymond Nelson es un psicoterapeuta y examinador poligráfico que trabaja como especialista en investigación poligráfica para Lafayette Instrument Company (LIC). El Sr. Nelson es ex presidente y actualmente se desempeña como miembro electo de la Junta de Directores de la APA. El Sr. Nelson es uno de los desarrolladores de los modelos OSS-3 y ESS para el análisis de datos de prueba poligráfica y ha publicado numerosos artículos sobre muchos aspectos de la prueba poligráfica.

4 También son sensores pletismográficos los que prueban la excitación sexual, utilizando un sensor diseñado para grabar pequeños cambios en la tumescencia peneana que ocurren en respuesta a estímulos de prueba. Un acrónimo del pletismógrafo peneano es PPG, y por esta razón usaremos el acrónimo PLE en este documento - principalmente para evitar cualquier confusión potencial acerca de la ubicación del sensor en el examinado durante la prueba poligráfica. En el campo médico, el pletismógrafo fotoeléctrico se conoce como PPG. El sensor PLE sólo debe estar conectado a la punta de los dedos durante la prueba del polígrafo.

El PLE se usa para registrar los cambios relativos en el volumen del pulso de sangre de la onda de pulso en los diminutos capilares de la piel de las puntas de los dedos. Esto es lo que nos interesa con fines poligráficos - el volumen del pulso de la punta del dedo o la actividad vasomotora⁵. El sensor PLE nos permite registrar y extraer información acerca de los cambios relativos en el volumen del pulso sanguíneo en el segmento del cuerpo donde está conectado el sensor. El volumen del pulso de la sangre en la punta del dedo, o la actividad vasomotora, se puede medir como la distancia entre los picos diastólicos y sistólicos en la onda de pulso del PLE⁶. La evaluación de los datos del PLE es una cuestión de observar y comparar los cambios diagnósticos en los datos PLE en respuesta a los diferentes estímulos de prueba.

¿Dónde? (dónde colocar el sensor PLE)

El sensor PLE se puede conectar a cualquiera de los dígitos de la mano izquierda o derecha. Todo lo que es necesario es que el sensor se pueda colocar fácilmente y que los datos utilizables se obtengan fácilmente. Recomendamos colocar el PLE en el dedo medio o el pulgar, ya que estos tienen las arteriolas más grandes en comparación con otras puntas de los dedos. Pruebe ubicarlo en una punta de dedo diferente si el trazado no se ajusta fácilmente entre 2 y 4 divisiones de gráfico.

¿Cómo funciona? (cosas de tecnología)

El pletismógrafo fotoeléctrico (PPG) utiliza una fuente de luz y una celda fotosensible para medir los cambios en la luz que se refleja o pasa a través del segmento de tejido donde se coloca el sensor.

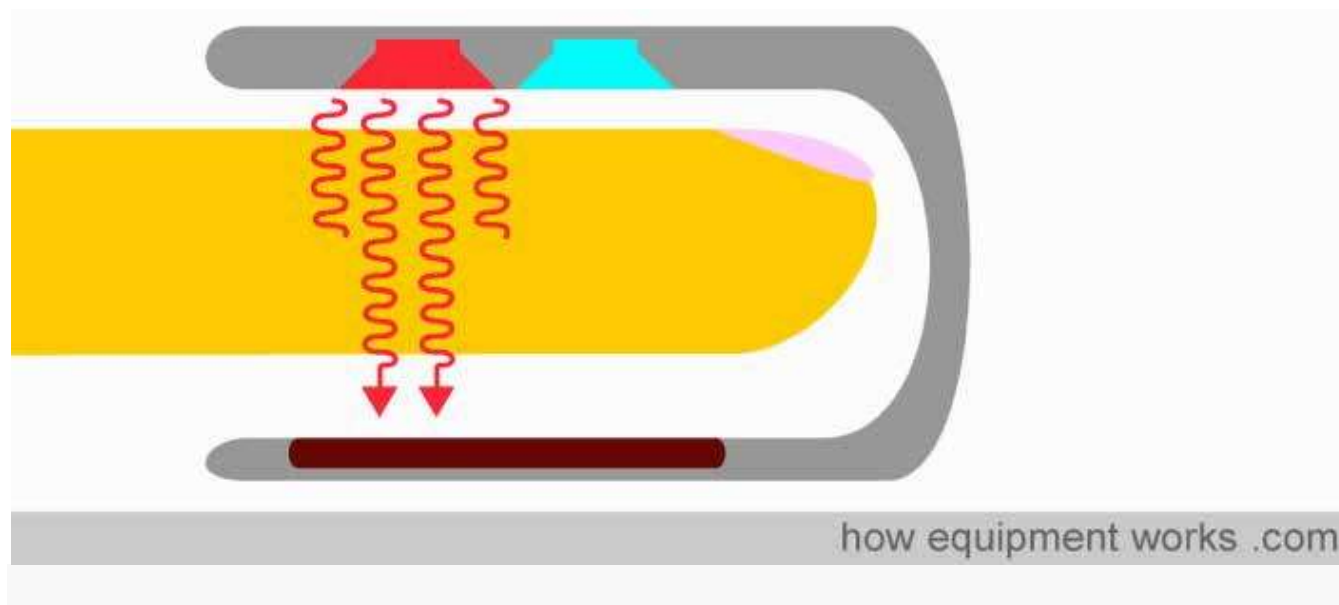
5 Otros usos del sensor fotoeléctrico incluyen el monitoreo de la frecuencia del pulso y la tasa de respiración en entornos médicos.

6 Para obtener más información, consulte Handler, M. & Krapohl, D. (2007). El uso y los beneficios del pletismógrafo fotoeléctrico en las pruebas poligráficas. *Polygraph*, 36 (1), 18-27.

La luz producida por la fuente se encuentra dentro del rango infrarrojo (7000 a 9500 Angstroms⁷ o 700 a 950 nanómetros⁸). Las ondas de luz en los rangos de frecuencia infrarroja se dispersan o reflejan por los glóbulos rojos - que es el motivo por el cual estas células parecen rojas ante nuestros ojos - y la cantidad de luz que llega a la celda fotosensible está relacionada con la cantidad de sangre por la que pasa antes de llegar al sensor.

El foto sensor se puede colocar sobre la misma superficie de piel en la que se coloca la fuente de luz, en cuyo caso estamos observando medición de cambios en la cantidad de luz que se refleja. Alternativamente, el foto sensor puede colocarse sobre una superficie de la piel opuesta a la fuente de luz, en cuyo caso observaríamos cambios en la cantidad de luz que se transmite a través de los tejidos al foto del sensor. La Figura 1 muestra que la cantidad de luz que llega al sensor dependiendo de cuánta luz se absorbe o dispersa. La cantidad de luz que llega al sensor depende de cuánto se pierde en función de la distancia que debe recorrer la luz para llegar al sensor y de la concentración de material que absorbe la luz.

Figura 1. Ilustración de ondas de luz en el sensor PLE. (Reimpreso y utilizado con permiso de HowEquipmentWorks.com.) [Http://www.howequipmentworks.com/physics/respi_measurements/oxygen/oximeter/pulse_oximeter.html](http://www.howequipmentworks.com/physics/respi_measurements/oxygen/oximeter/pulse_oximeter.html)



¿Porqué funciona? (Fisiología)

Las arterias y las arteriolas más pequeñas llevan la sangre oxigenada lejos del corazón para suministrar a los tejidos del cuerpo. Las arterias son vasos grandes que constan principalmente de fibras de colágeno y elastina junto con una cantidad menor de músculo liso⁹.

Los vasos sanguíneos se ramifican y se vuelven progresivamente más pequeños en la medida en que la sangre se aleja del corazón, y los vasos de menor diámetro en la periferia tienen una mayor concentración de músculo liso en comparación con los vasos de mayor diámetro más cercanos al corazón. Las arterias pequeñas llamadas arteriolas desempeñan un papel importante en el manejo de la presión arterial sistémica. Las arteriolas mantienen su diámetro en función de la cantidad de innervación simpática que están recibiendo en un momento dado. Reciben una innervación simpática constante que a veces se denomina tono vasomotor.

Debido a que la innervación hace que los músculos (incluido el músculo liso) se contraigan, la vasodilatación se logra mediante una reducción en la innervación simpática. Por el contrario, la vasoconstricción es el resultado de la activación del sistema nervioso simpático de los músculos lisos de las arteriolas. Es por estas razones que la vasoconstricción o la actividad vasomotora pueden explotarse como una proxy del aumento de la actividad en la división simpática del sistema nervioso autónomo¹⁰.

7 Un Angstrom = una cien millonésima parte de un centímetro, o 10^{-10} metros. Los Angstroms se utilizan para expresar longitudes de onda y distancias interatómicas.

8 Un nanómetro (nm) = es una milmillonésima parte de un metro, de manera tal que 7000 angstroms = 700 nanómetros.

9 El músculo liso es músculo no estriado en el que las fibras no están altamente ordenadas, lo que produce cambios de contracción y de relajación que están menos enfocados direccionalmente que el músculo esquelético, y que también son diferentes al músculo cardíaco. La actividad física de muchos órganos internos es una función del músculo liso

En nuestra sangre, la hemoglobina (Hb) absorbe la luz, y esta cantidad de luz absorbida es proporcional a la concentración de Hb en el vaso sanguíneo. Otras sustancias también absorben la luz, pero esas sustancias se mantienen consistentes durante la prueba del polígrafo. La principal fuente de variación en la absorción de la luz durante la prueba poligráfica es la cantidad de sangre y Hb presente en los pequeños vasos en la piel, y se sabe que estos cambios están relacionados con el aumento y la disminución de la inervación simpática. A medida que los vasos se contraen, hay menos sangre presente, por lo que hay menos hemoglobina para absorber la luz.

En la Figura 3, un vaso sanguíneo tiene una baja concentración de Hb y el otro vaso sanguíneo tiene una alta concentración de Hb. Cada Hb individual absorbe parte de la luz, por lo que se absorbe más luz cuando hay más Hb por unidad de área¹¹. Al medir cuánta luz llega al detector de luz, el sensor PLE puede utilizarse para calcular cuánta luz ha sido absorbida. Cuando hay más Hb en el dedo, se absorbe una mayor cantidad de luz y llega menos luz al foto sensor. Los cambios en el volumen local de Hb en el sitio del sensor PLE están en función de la vasoconstricción, que es una función de la inervación simpática. Ver figuras 2 y 3.

Figura 2. Dos ejemplos de concentración de hemoglobina. (Reimpreso y utilizado con permiso de How Equipment Works.com.)

[Http://www.howequipmentworks.com/physics/respi_measurements/oxygen/oximeter/pulse_oximeter.html](http://www.howequipmentworks.com/physics/respi_measurements/oxygen/oximeter/pulse_oximeter.html)

10 Similar a la información de los otros sensores poligráficos, la actividad vasomotora no es en sí misma un sinónimo de actividad simpática o de engaño. En comparación, la conductancia y la resistencia de la piel tampoco son sinónimos de actividad simpática o engaño, ni son sinónimos de sudoración. En su lugar, son un proxy de (es decir, se aproximan) la actividad simpática. La actividad simpática tampoco es sinónimo de engaño, pero se ha encontrado que está correlacionada con las diferencias entre el engaño y la veracidad. Las pruebas científicas intentan cuantificar los fenómenos que no pueden someterse fácilmente a la medición física y lo hacen explotando las relaciones estadísticas (es decir, de correlación) entre los datos obtenibles como un proxy para los fenómenos de interés.

11 Esta propiedad se describe en las leyes de la física y se la llama "ley de Beer" que establece que la cantidad de luz absorbida es proporcional a la concentración de la sustancia de absorción de luz.

This article is copyrighted by the American Polygraph Association (APA), and appears here with the permission of the APA. La American Polygraph Association (APA) tiene los Derechos de Autor de este artículo, y aparece aquí con el permiso de la APA

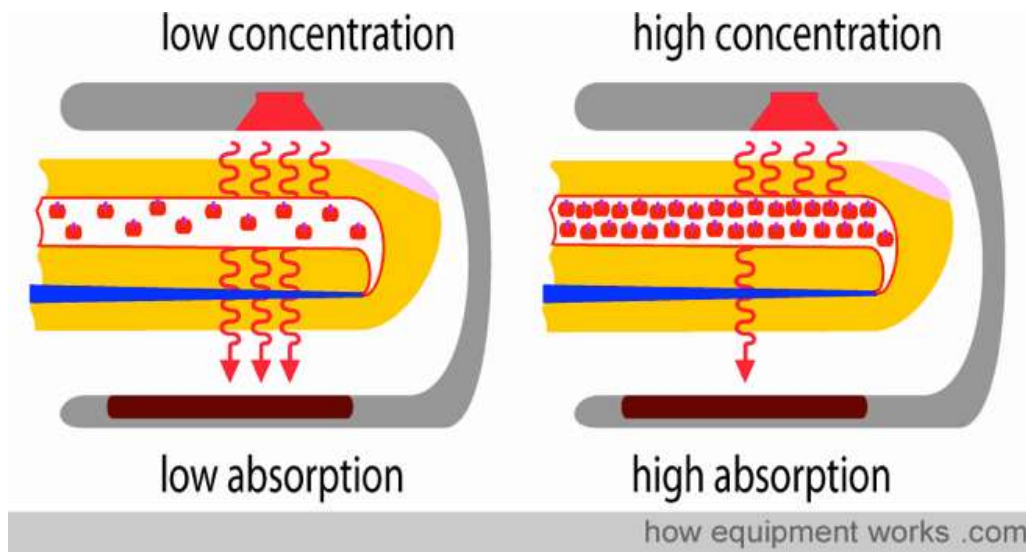
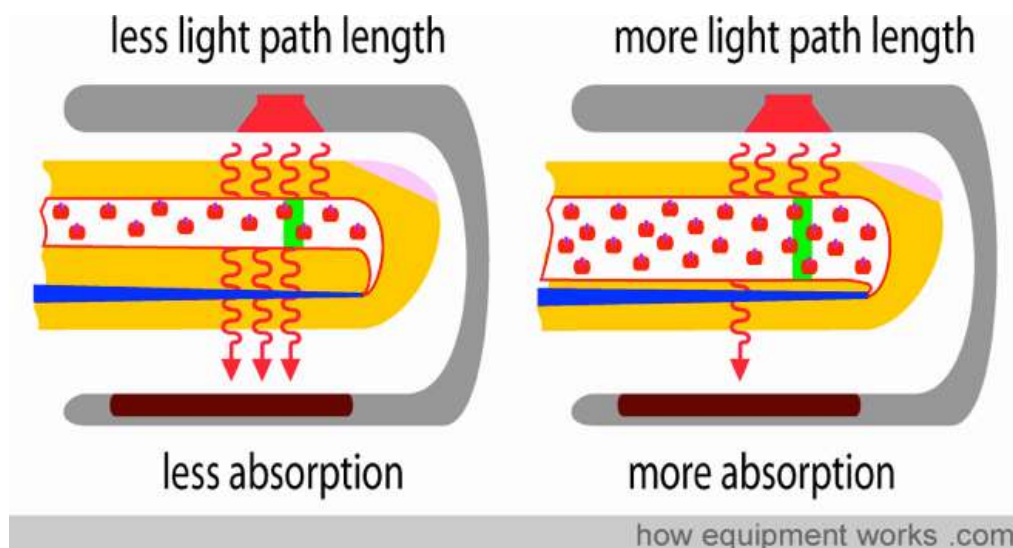


Figura 3. Concentración variable de Hb en función de la vasoconstricción.
(Reproducido y usado con permiso de How Equipment Works.com.)

http://www.howequipmentworks.com/physics/respi_measurements/oxygen/oximeter/pulse_oximeter.html



¿Qué significa? (Extracción de funciones y puntuación)

Debido a que la vasoconstricción es una función de la inervación simpática, la característica de interés para los examinadores de polígrafo es la constricción o

This article is copyrighted by the American Polygraph Association (APA), and appears here with the permission of the APA. La American Polygraph Association (APA) tiene los Derechos de Autor de este artículo, y aparece aquí con el permiso de la APA

APA Magazine 2017, 50 (4)

reducción del volumen del pulso de la sangre en la yema del dedo. Una reducción del volumen del pulso de la sangre en la yema del dedo es una indicación de inervación simpática, para lo cual los cambios se pueden comparar de acuerdo con la teoría analítica de la prueba del polígrafo¹². La vasoconstricción se puede observar en los datos PLE como una reducción de la distancia entre los picos diastólico y sistólico en la forma de onda PLE, cuando se comparan los datos después del inicio del estímulo con los datos antes del inicio del estímulo.

La Figura 4 muestra una prueba de reconocimiento con el PLE y otros sensores de datos, junto con guías visuales para ayudar en la identificación de la información de diagnóstico para la extracción de características. Los investigadores han demostrado que el período de respuesta óptimo, entre las diferencias de volumen de pulso sanguíneo pre-estímulo y post-estímulo, se produce entre 5 segundos y 10 segundos después del inicio del estímulo. Para ayudar más fácilmente en la extracción y comparación de las vasoconstricciones observadas, la amplitud del impulso vasomotor también se muestra durante el período de 3 segundos antes del inicio del estímulo. Las características de reacción en la Figura 4 han sido ordenadas por rango, y se puede ver que la vasoconstricción en la pregunta 3K es un cambio mayor en la actividad fisiológica en comparación con las otras respuestas.

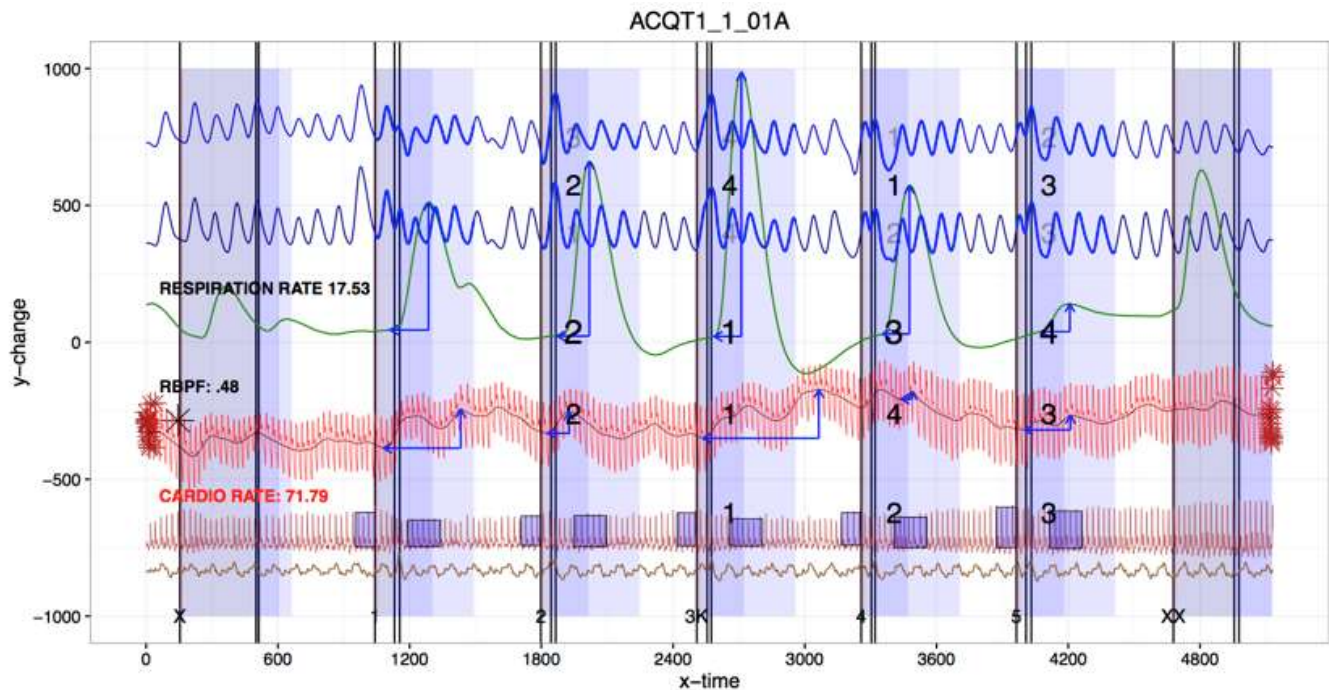
Aunque puede obtenerse cierta información de los datos de PLE al utilizar únicamente la extracción de características visuales, se puede obtener más información de diagnóstico mediante el uso de algoritmos informáticos.

Las computadoras se pueden usar para resaltar la función de reacción y aumentar la confiabilidad y precisión de la extracción de características visuales. Se pueden usar fácilmente para automatizar por completo el proceso de extracción de características.

¹² La teoría analítica del polígrafo sustenta que los mayores cambios en la actividad fisiológica se cargan ante los diferentes tipos de estímulos de prueba en función del engaño o veracidad en respuesta al estímulo relevante objetivo. Para mayor información referirse a Nelson, R. (2016). Scientific (analytic) theory of polygraph testing. *APA Magazine*, 49(5), 69-82.

¹³ Para mayor información referirse a Podlesny, J. A. & Raskin, D. C. (1978). Effectiveness of techniques and physiological measures in the detection of deception. *Psychophysiology*, 15, 344-359.

Figura 4. Prueba de conocimiento con extracción de características para PLE y otros sensores.



Los objetivos de una prueba científica, como la prueba poligráfica o de cualquier otra prueba forense, es lograr una opinión profesional respaldada por el análisis de los datos de la prueba. Los objetivos prácticos son dobles:

1) lograr una conclusión o clasificación, y 2) calcular y comunicar una estimación realista del nivel de confianza o margen de incertidumbre asociado con esa conclusión - la probabilidad o posibilidad de que una conclusión sea correcta o incorrecta (o la probabilidad de que una la conclusión se basó en datos de prueba que ocurrieron debido a una posibilidad aleatoria). La adición de más datos puede ayudar a alcanzar este primer objetivo, solamente cuando los datos adicionales sean válidos y no varíen con respecto a los otros datos hasta el punto de distorsionar o alterar la estabilidad y efectividad del modelo de análisis.

Hasta hace pocos años, muchos profesionales de campo pensaban o prestaban poca atención al segundo objetivo - la cuantificación de la confianza y la incertidumbre probabilística asociada con el resultado de la prueba. Los métodos tradicionales de

análisis poligráfico - aquellos desarrollados antes del uso de computadoras - se basaban en los puntajes de corte que se seleccionaban de forma arbitraria o heurística, aunque sin prestar atención al cálculo de la confianza estadística o las estimaciones de incertidumbre para los exámenes individuales. La estimación del error del polígrafo, en ese momento, se limitaba al análisis del rendimiento de la prueba con grupos o muestras de casos.

La tendencia de las ciencias forenses en las últimas décadas ha sido hacia un mayor uso de computadoras y modelos de análisis diseñados para calcular estimaciones de confianza y error estadísticos para casos individuales, además del estudio de precisión de prueba y tasas de error para grupos como una población o una muestra de investigación. Aunque se han publicado tablas de referencia estadística para la matriz de técnicas poligráficas en uso actual¹⁴, la mayoría de las tablas de referencia disponibles no incluyen el sensor PLE. Los algoritmos computarizados podrían o no hacer uso de los datos PLE, y los desarrolladores y proveedores de algoritmos deberían proporcionar información al respecto.

La inclusión de los datos del sensor PLE en los modelos de decisión analítica manual desarrollados sin el PLE, podrían tener el potencial de distorsionar o sobrecargar las distribuciones de referencia o las funciones de verosimilitud al añadir información que no se tiene en cuenta en los cálculos estadísticos. Por ejemplo, las tablas ESS y la mayoría de otros datos de referencia publicados no incluyen el sensor PLE. Hasta el momento en que se publiquen y estén disponibles las tablas de referencia o las funciones de verosimilitud, será importante tener en cuenta que la inclusión del sensor PLE significará que nuestros cálculos de la estadística de error de la prueba - en la forma de un valor-p que también puede pensarse como el área bajo la distribución normal o la *función de distribución acumulativa* (es decir, hasta la suma de todas las probabilidades e incluyendo la estadística de error de prueba) que se espera sea una estimación sesgada.

¹⁴Referirse a Nelson R. & Handler, M. (2015). Statistical reference distributions for comparison question polygraphs. *Polygraph*, 41(1), 91-114.

Esto es aceptable solo en la medida en que esperamos que la estimación esté sesgada hacia la sobreestimación, y no la subestimación, de los errores de decisión.

Será importante para los investigadores, desarrolladores y proveedores de tecnología continuar avanzando en el estado de la ciencia poligráfica. En ese momento, el conocimiento y la información publicada podrá dar cuenta matemática y estadística de los datos PLE adicionales, el uso continuo de tablas de referencia y de funciones de verosimilitud desarrolladas sin los datos PLE serán científicas y éticamente cuestionables.

15 Nelson, R., Handler, M., Shaw, P., Gougler, M., Blalock, B., Russell, C., Cushman, B. & Oelrich, M. (2011). Using the Empirical Scoring System. *Polygraph*, 40, 67-78.