



TÍTULO DE PATENTE NO. 267510

Titular(es): CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N.
Domicilio(s): Av. I.P.N., 2508, Col. San Pedro Zacatenco, 07360, Distrito Federal, MEXICO
Denominación: INSTRUMENTO PARA LA VALORACION DE LA AGUDEZA VISUAL USANDO LA RESPUESTA PUPILAR.
Clasificación: Int.CI.8: A61B3/00
Inventor(es): ERNESTO SUASTE GÓMEZ; ARTURO ZÚÑIGA LÓPEZ

SOLICITUD

Número:	Fecha de presentación:	Hora:
PA/a/2003/007938	3 de septiembre de 2003	13:17

PRIORIDAD

País:	Fecha:	Número:
-------	--------	---------

ESTA PATENTE CONCEDE A SU TITULAR EL DERECHO EXCLUSIVO DE EXPLOTACIÓN DEL INVENTO RECLAMADO EN EL CAPÍTULO REIVINDICATORIO Y TIENE UNA VIGENCIA IMPRORROGABLE DE VEINTE AÑOS CONTADOS A PARTIR DE LA FECHA DE PRESENTACIÓN DE LA SOLICITUD, QUE ESTARÁ SUJETA AL PAGO DE LA TARIFA CORRESPONDIENTE.

Fecha de expedición: 15 de junio de 2009

EL DIRECTOR DIVISIONAL DE PATENTES


QUÍM. FABIÁN R. SALAZAR GARCÍA



MX/2009/53024

267510
15/6/09

2003/7938

1

Instrumento para la valoración de la agudeza visual usando la res



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

Campo de la invención.

La presente invención se refiere al campo de la ingeniería biomédica, con relación a la instrumentación oftalmológica para la detección de la agudeza visual en movimiento y estática con optotipos.

Antecedentes de la invención.

Cuando contemplamos una fotografía en blanco y negro, el estímulo que recibe nuestro sistema visual es una distribución espacial de luminancia (en un espacio bidimensional, en este caso), de la cual la parte óptica del sistema forma una imagen sobre la retina. La parte neural del sistema (retina-cerebro), procesa la información espacial contenida en esa imagen y la percepción, completa el proceso visual. El resultado de este proceso lleva a reconocer objetos, determinar tamaños y posiciones relativas entre ellos o distinguir entre objetos de igual forma y tamaño por algunos detalles. También, es posible que una parte de la distribución inicial de luminancias se perciba como manchas claras y oscuras que no somos capaces de interpretar. El límite de la visión espacial está íntimamente relacionado con el tamaño del detalle más pequeño que un observador es capaz de detectar o reconocer.

La agudeza visual es una medida de la capacidad del sistema visual para detectar, reconocer o resolver detalles espaciales, en un test de alto contraste y con un buen nivel de iluminación. Una buena agudeza visual significa que el sujeto es capaz de apreciar pequeños detalles de una imagen, mientras que una mala agudeza visual implica que el sujeto aprecia solamente a grandes rasgos la imagen. En términos generales la agudeza visual es el término que se usa para expresar la claridad de la visión, se conoce por la capacidad del ojo de reconocer por separado, con nitidez y precisión objetos muy pequeños y próximos entre sí (letras, números o figuras), es decir, el poder de resolución del ojo o su habilidad para detectar detalles finos. La visión borrosa es la pérdida de agudeza visual, lo cual ocasiona la pérdida de la habilidad para visualizar pequeños detalles. Las pruebas conocidas hasta el momento para evaluarla se utilizan

principalmente para la valoración del uso de anteojos correctores de la vista, sin embargo ésta no es la única aplicación que estos estudios tienen.



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

I. Agudeza visual y optotipos.

5 La tarea de reconocimiento es la que más se ha utilizado para determinar la agudeza visual con fines clínicos. Esto es lógico ya que para un observador humano no basta con detectar objetos o figuras, es necesario además que las reconozca para considerar que su visión es satisfactoria.

10 Los tests visuales utilizados en tareas de reconocimiento son los que generalmente se conocen como optotipos. Se suelen presentar al sujeto en una carta sujeta o proyectada sobre la pared. Dicha carta contiene series de optotipos con tamaños progresivamente menores. El sujeto va nombrando el optotipo o detalle que se le pide reconocer hasta llegar a la mínima dimensión para la cual el sujeto ha acertado en su reconocimiento.

15 Existen cartas calibradas para diferentes distancias (ver figura 1). Las más comúnmente utilizadas son de 6.096 metros (20 pies), 4 metros (13.123 pies) para la agudeza de lejos y de 0.40 metros (1.312 pies) para la agudeza de cerca. Para estas distancias las unidades de agudeza se presentan como 6.096/6.096 (20/20), 4/4 (13.123/13.123) y 0.40/0.40
20 (1.312/1.312), respectivamente. Así con una carta calibrada a 6.096 metros (20 pies), un sujeto que tuviese una agudeza de 6.096/7.62 (20/25) vería bien a 15.24 metros (50 pies) de distancia que subtendiera a 1 minuto a 7.62 metros (25 pies), situación representada en la figura 1.

25 En la práctica clínica la agudeza visual se mide con la carta de Snellen. El observador debe leer cada uno de los caracteres contenidos en la carta e indicar cuando no es capaz de identificarlos; esto implica que dicho método es subjetivo, ya que se basa en la percepción del paciente. La carta y sus indicadores originalmente se designaron con la formula de la fracción 6.096/6.096 (20/20) en donde el numerador indica la distancia a la
30 cual esta el optotipo y el denominador indica la distancia a la cual debería de verse normalmente el optotipo que nos refiere a un ojo normal, o promedio normal de visión. El número que divide la línea representa la distancia de prueba, por ejemplo un valor de



6.096/6.096 (20/20) representa una visión normal que nos indica que un sujeto puede reconocer una letra de prueba a 6.096 metros (20 pies) de distancia que debe reconocerse a 6.096 metros (20 pies) de distancia. Un valor de 6.096/12.192 (20/40) significa que existe un desorden visual, ya que la persona puede reconocer una letra a 6.096 metros (20 pies) que debe ser reconocida a 12.192 metros (40 pies). Por el contrario, un valor de 6.096/4.572 (20/15) significa que la persona puede ver la letra a 6.096 metros (20 pies), cuando un observador sin desorden visual en promedio lo vería a 4.572 metros (15 pies).

El llevar un récord de la agudeza visual nos permite establecer cuando un ojo es normal o presenta desordenes. Las medidas tomadas siguiendo estas normas nos sirven como base para reconocer los cambios en la visión cuando los pacientes se encuentran en edad avanzada.

Existe un buen número de factores que afectan la agudeza visual. Debido a lo anterior, es necesario conocerlos de antemano y más aún cuando se plantea la medición de la agudeza visual de un sujeto, pues del valor que éstos tengan depende el resultado de la agudeza medida.

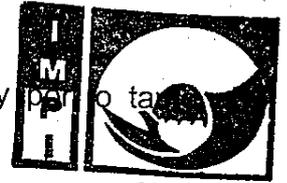
Por esta razón es importante analizar por separado el efecto sobre la agudeza de cada uno de los principales factores que pueden llegar a convertirse en el factor determinante de su valor.

Para ordenar de alguna manera este conjunto de factores, se les agrupa en cuatro grupos o categorías siguiendo el criterio que a continuación se explica. En el primer grupo se incluyen aquellos factores que constituyen una característica del estímulo que se utiliza. El segundo grupo está formado por lo que podríamos denominar factores ópticos, ya que son característicos de la parte óptica del sistema visual. El tercero sería el grupo de factores neurales y por último hay que citar los factores de tipo subjetivo.

II. Factores del estímulo.

La elección del optotipo es condicionante fundamental en la medida de agudeza. Cada factor puede tener un efecto diferente sobre los distintos optotipos o tareas. Por ello en

necesario conocer los factores que afectan directamente al optotipo y estímulo utilizado.



**Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial**

a) Luminancia.

5 En la vida ordinaria, se puede comprobar en múltiples ocasiones que es posible reconocer o diferenciar objetos pequeños aumentando el nivel de iluminación. Por tanto, es un hecho que con un determinado optotipo la agudeza visual mejora cuando aumenta la luminancia del test.

10 En la definición de agudeza visual se explicita que es una magnitud relativa de un test de alto contraste y con un buen nivel de iluminación. Esto es coherente con el concepto de agudeza como el límite máximo de la visión espacial, ya que ello implica que la medición se debe realizar en las condiciones más favorables (máxima visión). La luminancia estándar recomendada para medidas de agudeza es 85 cd/m^2 (unidades de luminancia)

b) Contraste.

15 El conocimiento de las variaciones del valor de la agudeza cuando disminuye el contraste o la luminancia sí aporta datos muy interesantes que ayudan a comprender el comportamiento del sistema visual. Cuando se mide la agudeza de un observador, sea para aplicaciones clínicas o de otro tipo, se utilizan optotipos de trazos negros sobre fondo blanco, de modo que presentan un contraste de 0.95 (en la práctica es casi imposible alcanzar el contraste unidad). La iluminación ambiente puede actuar de velo reduciendo el contraste. En cualquier caso, hay que procurar que el contraste del optotipo nunca este por debajo del valor 0.85.

c) Tiempo de exposición.

25 El tiempo de exposición no es un factor influyente en las mediciones de la agudeza que se llevan a cabo con fines prácticos, ya que en esos casos el tiempo de exposición es ilimitado. Si antes ya se mencionaron valores estándar de luminancia y contraste para medir la agudeza de un sujeto, ahora habría que añadir a esas condiciones que el tiempo
30 de exposición sea ilimitado.



d) Composición espectral de la luz.

La agudeza visual es la misma con luz blanca que con luz cromática de cualquier longitud de onda según resultados de numerosos autores (Macé de Lépinay y Nicati, 1881, 1883; König, 1897; Arnulf y Flamant, 1950). Sin embargo, König (1903) y Rea (1905) encontraron una agudeza menor para el azul que para las otras longitudes de onda o el blanco. Otros resultados señalan que la agudeza es mayor con luz blanca que con cualquier otro color excepto quizá el amarillo (entre ellos Shaler, Smith y Chase, 1942).

III. Factores ópticos.

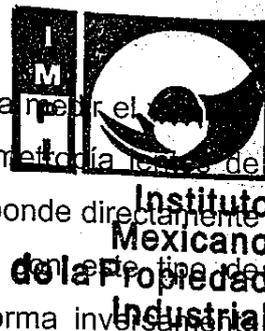
Considerando un estímulo que reúna las condiciones óptimas para que el observador pueda apreciar en él detalles espaciales pequeños. Lo que significa que es un estímulo con niveles elevados de luminancia y contraste que se observa durante un tiempo no limitado, de modo que sea posible obtener con él una buena agudeza visual.

El siguiente paso en el camino hacia la percepción consiste en la formación de la imagen óptica del estímulo. Centrando la atención en este paso, es inmediato llegar a la conclusión de que la agudeza visual debe depender directamente de la fidelidad con que la óptica del ojo puede reproducir el estímulo objeto en su correspondiente imagen retiniana, ya que es posible pensar que una buena imagen conserva toda la información espacial contenida en el objeto.

Los factores ópticos que afectan la agudeza visual serán aquellos que afectan la calidad de la imagen. Para la óptica geométrica, son las aberraciones la causa del deterioro de una imagen, ya que producen la pérdida de la condición de astigmatismo o de cualquier otra condición del sistema óptico perfecto.

a) Desenfoque.

La influencia del desenfoque en la agudeza visual resulta ya tan obvia que casi no parece un fenómeno digno de estudio y menos todavía que su existencia necesite una comprobación.



Para evaluar de qué manera varía la agudeza con el desenfoque, basta medir el la agudeza colocando delante del ojo emétrope o corregido de su emetropía lentes de potencia progresiva creciente. El valor de la potencia de la lente corresponde directamente al desenfoque que existe en cada caso. Los resultados obtenidos en este tipo de medidas (Legge y Cols), 1987) indican que la agudeza varía de forma inversamente proporcional a una cierta potencia del desenfoque, es decir:

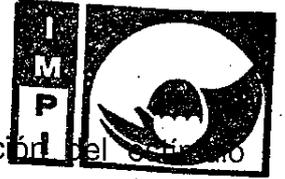
$$V = K/\Delta^n$$

10 Donde el exponente n es ligeramente distinto según el signo del desenfoque pero, en una primera aproximación se puede considerar del orden de la unidad. También la constante de proporcionalidad K es ligeramente diferente según el signo del desenfoque (su valor es del orden de 0.5).

15 b) Pupila.

Se deduce que la variación del diámetro pupilar debe ser un factor importante, y esto se infiere desde la óptica geométrica (incremento de las aberraciones al aumentar la pupila) y la óptica física (la difracción disminuye al aumentar la pupila), en el campo de la visión este hecho empezó a intuirse a finales del siglo XIX; y en 1952 Leibowitz realizó estudios donde varió el diámetro pupilar, lo que debería mantener fijo el nivel de iluminación retiniana, es decir, el producto de la luminancia L ($L \cdot S$) donde S es la superficie de la pupila. La principal conclusión de su estudio, es que la mayor agudeza visual se obtiene con una pupila de diámetro intermedio de entre 2 a 4 mm.

25 Este resultado se debe a que una pupila grande aumenta el efecto de la aberración esférica que degrada mucho la calidad de la imagen retiniana y, sin embargo, disminuye considerablemente el efecto de la difracción. Por otro lado las pupilas muy pequeñas, minimizan el efecto de las aberraciones pero producen grandes cambios en efectos de difracción. Por tanto los valores intermedios de diámetro pupilar son los más adecuados para obtener la máxima agudeza.



c) Acomodación.

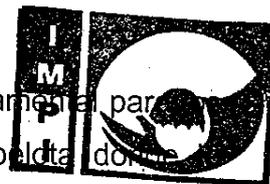
Cuando se determina la agudeza visual (en minutos arco) en función del estímulo acomodativo, esto es, la distancia de observación expresada en dioptrías, se observa que existe una distancia intermedia óptima que presenta un máximo de agudeza que disminuye ligeramente tanto si alejamos el test como si lo acercamos (ver figura). Este hecho se debe a errores en la acomodación, ya que la respuesta acomodativa sólo coincide con el estímulo acomodativo a una cierta distancia, que a veces se conoce como "foco negro". Entonces, si al determinar la agudeza visual a una cierta distancia de observación, el error acomodativo es compensado mediante la lente correspondiente y entonces la agudeza resulta independiente de la distancia de observación.

IV. Agudeza visual dinámica.

En contraste con los métodos tradicionales de medición de la agudeza visual estática, la medición de la agudeza visual dinámica nos permite evaluar el funcionamiento del sistema visual en su conjunto, más allá de una buena capacidad de diferenciación de detalles, es decir, la capacidad de detección y reconocimiento de las imágenes en detalle, cuando hay movimiento relativo entre el observador y el objeto de examen.

En la práctica, el conocer el valor de la agudeza visual dinámica es importante en campos de aplicación como en la industria óptica, armada, aviación, deportes y muchos otros en los cuales una buena visión es indispensable.

Por ejemplo en el caso del manejo de vehículos automotores, los ojos reciben el 90 por ciento de la información procesada durante la conducción. La agudeza visual dinámica (capacidad del observador para la velocidad y el desplazamiento de un objeto en movimiento con respecto al sujeto) parece estar más relacionada con el riesgo de accidente de tráfico que la agudeza visual en condiciones estáticas, ya que el conductor debe reaccionar a los cambios repentinos presentados en las luces de los vehículos frente a él, a personas o animales que le salen al paso, etc. Es decir, los conductores deben tener una agudeza visual dinámica alta, así como una velocidad de respuesta alta ante dichos estímulos visuales.



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

La evaluación y el entrenamiento de la agudeza visual dinámica, es fundamental para deportes en los que exista movimiento, sobre todo en deportes de pelota donde la velocidad del móvil es considerable, dependiendo completamente de las habilidades visuales requeridas. Cada deporte exige un tipo de requisitos, como por ejemplo percepción de profundidad, visión periférica, coordinación entre los ojos y las manos. Este deporte presenta desafíos únicos, tales como resplandor, viento, neblina y contacto con objetos en movimiento. Algunos de los deportes en los que se involucra la agudeza visual dinámica son:

- a) Béisbol, donde el tamaño y el color de una pelota de béisbol - y las variadas condiciones de luz durante el partido - presentan desafíos especiales. Los jugadores necesitan una visión clara y estable, percepción periférica, precisión del tamaño de la imagen y una excelente percepción.
- b) Básquetbol, en donde la cancha está extremadamente iluminada; el movimiento constante y necesidad de medir distancias con precisión exigen estabilidad visual bajo condiciones dinámicas, percepción periférica, percepción de profundidad y flexibilidad de enfoque.
- c) Ciclismo, donde los ciclistas mantienen una posición atípica de la cabeza y de los ojos; aún así, necesitan leer con mucha rapidez informaciones detalladas a partir de instrumentos y mapas. Eso requiere agudeza visual dinámica y sensibilidad al contraste.
- d) Carrera, donde los corredores tienen puntos focales distantes y necesitan una buena agudeza visual dinámica. Frecuentemente enfrentan viento y pequeños fragmentos.
- e) Esquí, donde la nieve, viento, frío y luz fuerte, requieren de agudeza visual alta bajo condiciones dinámicas, permitiendo esquivar obstáculos.
- f) Fútbol soccer, deporte en donde los jugadores necesitan percepción periférica y agudeza visual dinámica para que tengan una rápida reacción en condiciones dinámicas,
- g) Fútbol americano, en donde los jugadores necesitan agudeza visual dinámica, flexibilidad de enfoque, percepción de profundidad y una buena coordinación entre el ojo y la mano y entre el tronco y el pie, para que tengan una rápida reacción en condiciones dinámicas,



- h) Hockey. Los jugadores de éste deporte necesitan estar conscientes de su relación espacial - en condiciones dinámicas - con los adversarios y con la pequeña pelota. Eso requiere agudeza visual, flexibilidad de enfoque y percepción de profundidad.
- i) En el patinaje artístico se requiere de una excelente coordinación entre el ojo y la mano y entre el tronco y el pie; una agudeza visual dinámica estable y clara son esenciales para mantener la estabilidad.
- j) En la pesca se requiere buena visión de cerca para atar la línea y agudeza visual dinámica para ver bien al mirar hacia abajo cuando se está en un barco en movimiento.
- k) En el tenis existen desafíos especiales que incluyen concentración visual por largo tiempo y necesidad de detectar el movimiento de la pelota de forma instantánea. Eso requiere una gran agudeza visual, agudeza visual dinámica y flexibilidad de enfoque.

Como se puede notar de lo anterior, la agudeza visual dinámica evalúa la capacidad que posee el jugador de detectar y reconocer imágenes en movimiento, ya sea el balón, la pelota u otros jugadores del mismo equipo o contrarios. Esta agudeza es la que realmente necesitará el jugador en el terreno de juego.

En la práctica clínica, la agudeza visual dinámica se mide de diferentes formas, sin embargo todas las metodologías conocidas, al igual que para la agudeza visual, dependen de la apreciación del observador; en consecuencia los resultados que se obtienen no son precisos. Por ejemplo, cuando se realiza el estudio de la agudeza visual se hace sin el uso de lentes (en caso de que el paciente los use). En el momento en que el paciente está leyendo los caracteres de la carta de Snellen, éste puede confundir un carácter con otro (por ejemplo F por P o C por O, etc.) debido a su baja agudeza visual. En ocasiones el sujeto entre cierra sus ojos para enfocar mejor y con ello lograr poder ver bien el optotipo; si el técnico que le realiza el estudio no nota éste fenómeno, entonces tomará al final un valor erróneo de su agudeza visual.



Aunado a lo anterior, actualmente en la gran mayoría de los consultorios oftalmológicos, la valoración de la agudeza visual se realiza de la siguiente manera. Se coloca al paciente frente a la carta de optotipos (la cartilla de Snellen más comúnmente), a una distancia definida, colocando posteriormente un oclisor sobre el ojo izquierdo sin presionar el globo ocular, indicándole al paciente que lea los tipos hasta donde le sea posible. Posteriormente se registra la línea hasta la cual el paciente pudo leer; repitiéndose la misma prueba pero ahora con el ojo derecho ocluido y valorando el ojo izquierdo. Como puede observarse, ésta prueba es enteramente subjetiva y la misma se basa y depende directamente de la impresión ó consideración del paciente sobre de lo que "ve" o no "ve", por lo que mediante éstos métodos no se puede saber con certeza la capacidad real del sistema visual del paciente para detectar, reconocer o resolver detalles espaciales. Debido a esto, muchas veces no se da un diagnóstico preciso y correcto sobre su agudeza visual, causando que los métodos conocidos para corregir ésta no sean adecuados y provocando con ello un mayor daño al paciente o retrasando de manera significativa su corrección.

Ejemplo de algunos dispositivos para evaluar la agudeza visual los encontramos en los siguientes documentos:

La patente US 3,992,087 de Flom y Adams en donde se divulgó un dispositivo para medir agudeza visual bajo condiciones normales así como en seguimiento médico o fatiga visual, que comprendía medios para proyectar un punto móvil de luz a la vista de un sujeto, medios para atenuar la intensidad de dicho punto de luz, medios para seguir el ojo para detectar la posición de los ojos del sujeto mientras que el punto de luz está presente, medios de diferencia para comparar la posición de los ojos del sujeto y la posición del punto de luz, incluyendo medios detectores para detectar divergencia entre ellos, medios convertidores para convertir la intensidad del punto de luz al presentarse dicha divergencia, a las unidades de agudeza visual, y medios de exhibición para exhibir la salida de dichos medios de conversión;

La solicitud de patente GB 2207748 A, también identificada como patente US 4,815,839 de Ronald A Waldorf, en donde se divulga y protege un sistema para observar y grabar los movimientos del ojo, que comprende unos anteojos que soportan piezas esféricas para los



ojos adaptados para cubrir cada ojo del usuario y no permitir la entrada de luz ambiente. Una fuente de radiación infrarroja que incide sobre los ojos del usuario, la energía radiada estando en una porción no visible del espectro de energía. La superficie interior de la pieza para los ojos es cubierta con una superficie adaptada para reflejar y dispersar la energía infrarroja radiada. Una videocámara sensible al infrarrojo esta directamente acoplada a los lentes, la cámara es sensible a la radiación infrarroja. La salida de la videocámara esta conectada a un aparato monitor para registrar y grabar en tiempo real lo que observa el movimiento de los ojos de los usuarios.

10 La patente US 4,075,657 de Lew S. Weinblatt en donde se divulgó un aparato para determinar los movimientos del ojo de un espectador en respuesta a estímulos visuales que comprende: una pantalla para mostrar los estímulos; medios de soporte puestos en una distancia preseleccionada delante de la pantalla para mantener la cabeza del espectador en una posición relativamente fija; medios para monitorear los movimientos del ojo del espectador; medios para monitorear los estímulos mostrados en la pantalla y 15 puestos delante del torso del espectador, dichos medios de monitoreo se extienden generalmente paralelos a la pantalla; medios de lente dirigidos la pantalla y unidos a los medios de monitoreo de estímulos adyacentes a los medios de soporte y debajo del nivel del ojo del espectador para recibir la luz de la pantalla y para transmitirla en imagen dentro 20 de los medios de monitoreo; y los medios para combinar las salidas de ambos medios de monitoreo para sobreponer los movimientos del ojo del espectador en los estímulos mostrados.

Finalmente, la patente GB 1 479 568 de Frederic Lelouch en donde se divulgó un aparato 25 para probar la agudeza visual y los reflejos de un sujeto, que comprende un dispositivo óptico para exhibir en secuencia una serie de objetos que requieren un decremento sucesivo de la agudeza visual para ser discernido, un dispositivo electrónico que incluye medios de control que permiten al sujeto detener la secuencia de exhibición cuando él ha tenido éxito en discernir un objeto en la serie, medios para exhibir una señal en un instante 30 al azar que requería una reacción del sujeto, medios operables por el sujeto en respuesta a la señal, y un dispositivo para proporcionar una lectura de la agudeza visual y del tiempo de reacción del sujeto.



Derivado de lo anterior, resulta claro apreciar que aún y cuando en el estado de la técnica definido para la presente invención, existen antecedentes de invenciones que han buscado una solución para determinar la agudeza visual de un sujeto eliminando por completo los factores subjetivos involucrados en los sistemas de estudio, obteniendo con ello resultados objetivos y reales del estado de visión del paciente, hasta antes de la presente invención los sistemas propuestos para evaluar de manera objetiva, la agudeza visual tanto en reposo como en movimiento y utilizando como parámetro la respuesta pupilar del paciente, han quedado limitados a utilizar la misma metodología propuesta por los documentos más antiguos de los antes previamente identificados, es decir, someter a un estímulo visual al sujeto en estudio y medir el movimiento de los ojos, sin embargo, no se han cuidado los detalles de que dependiendo del estímulo al que el sujeto sea sometido, dependerá la cantidad de movimiento y el tipo de reacción de la pupila del ojo del sujeto, por lo que en la presente invención se ha cuidado además del detalle del estímulo visual al que el sujeto será sometido, las correspondientes innovaciones a un sistema que resultan necesarias para mostrar y controlar un tipo específico de estímulo visual.

Breve descripción de los dibujos.

Figura 1. Carta de letras de Snellen.

Figura 2. Se representan las mediciones de la respuesta acomodativa en función de la distancia del estímulo acomodativo (dioptrías). La línea discontinua representa la correspondencia uno a uno entre ambos ejes. La flecha negra señala el llamado foco negro.

Figura 3. Se muestra un diagrama a bloques del sistema oftalmológico para la evaluación de la agudeza visual del movimiento; se distingue el subsistema de proyección (1), pantalla (7), optotipo (8), generador de funciones (12), IR Cámaras (13 y 14), video-grabadoras (15 y 16), respuesta pupilar (17), imagen del estímulo (18), frecuencia de estimulación (19), imagen del monitoreo del sistema (20), tarjeta digitalizadora de video (21), procesamiento de imágenes (22) y observador (23).

Figura 4. Se muestran los elementos básicos del subsistema de proyección: optotipo proyectado (8), pantalla curva (7), espejo (9), proyector (6), galvanómetro (10), cables de

conexión (11), graficador (25) y control de frecuencia y del ángulo de apertura del espejo (12).



Figura 5. Se muestran los elementos del proyector: optotipo proyectado (8) fuente luminosa (2), zoom fotográfico (5) y porta-optotipos (armazón de aluminio) (4).

Figura 6. Se muestra un diagrama esquemático de la colocación de la fibra óptica (3) y de la distancia entre el zoom (5) y el espejo (9) en el proyector. Así mismo se distinguen el porta-optotipos (4), y la abertura de inserción de optotipos (24).

Figura 7. Se muestra la pantalla (7) donde se proyectan los optotipos, la cual está pintada de blanco mate (vista superior).

Figura 8. Se muestran los resultados de medición de la agudeza visual en 5 pacientes con el método de la invención.

Figura 9. Se muestran las imágenes obtenidas en un paciente y el área pupilar mientras seguía el optotipo (panel A) y cuando lo perdió de vista (panel B).

15 **Objetivos de la invención.**

Uno de los objetivos de la presente invención es desarrollar un nuevo sistema para evaluar de forma objetiva la agudeza visual en movimiento, que mediante la respuesta pupilar, sea capaz de dar un diagnóstico objetivo del estado del sistema visual.

20 Además otro objetivo es desarrollar un sistema alternativo capaz de dar resultados objetivos y reales sobre la agudeza visual de un paciente.

Otro de los objetivos de la presente invención es el desarrollar un sistema objetivo el cual evalúe la agudeza visual mediante la respuesta pupilar utilizando la técnica de video digitalizado de imágenes (video-oculografía).

Además otro objetivo es desarrollar un sistema capaz de evaluar la agudeza visual en movimiento y la respuesta pupilar de manera simultánea.

30 **Descripción detallada de la invención.**

Mediante el sistema de la presente invención, la detección de la agudeza visual dinámica se realiza a través del procesamiento de imágenes de video adquiridas de las respuestas



pupilares al realizar el seguimiento del optotipo en movimiento. El estudio realizado con éste sistema también determina la velocidad de respuesta del ojo a un cambio o variación de movimiento de lo que está observando, valor que en ciertas profesiones resulta de suma importancia. Al igual que en el método estándar o tradicional (agudeza visual estática) se le dice al observador que indique si ve el optotipo y el momento en el que ya no lo puede seguir. Durante la evaluación, el audio y el video se adquieren con el sistema de video cámara para comparar al analizar las imágenes. Cuando el observador ha perdido de vista al optotipo, su ojo se detiene y su pupila se dilata, con lo cual de este modo objetivamente se detecta cuando ya no es capaz de seguir al optotipo. Al comparar esta información con el audio grabado durante la evaluación, se observa un ligero retraso; esto significa que cuando el observador indica que ya no puede su ojo ver el optotipo, éste ya se detuvo y su pupila se dilató; esta dilatación se debe al reflejo dilatador del ojo debido a la sorpresa o extrañeza de que ha perdido de vista al optotipo.

Con el propósito de realizar evaluaciones objetivas de la agudeza visual en movimiento se utiliza la respuesta pupilar como variable a considerar para realizar dicha valoración y así eliminar la respuesta subjetiva del paciente.

Para lograr lo anterior se requiere de un sistema (ver figura 3) el cual consta de varias partes, las cuales son:

- a) Un subsistema de proyección de optotipos con capacidad de movimiento a frecuencias variables,
- b) Un dispositivo que captura la imagen pupilar mediante cámaras con respuesta al infrarrojo, con opción a videofilmación nocturna,
- c) Un subsistema de video-grabación con el fin de registrar la respuesta pupilar, y
- d) Un subsistema de procesamiento y digitalización de la señal de video.

A continuación se describen a detalle los elementos del sistema.

Subsistema de proyección (1).

Los elementos que conforman el subsistema de proyección (ver figura 4) principalmente son el proyector (6), la pantalla curva (7) y un dispositivo de control de frecuencia de

movimiento del optotipo. Tales elementos tienen el objetivo, como su nombre lo indica, de proyectar el optotipo (8) y de poder controlar el movimiento de éste.



**Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial**

Dentro de éste subsistema se encuentra una fuente luminosa (2), una porta-optotipos hecho mediante un armazón de aluminio (4) y un lente fotográfico (5). Dicho subsistema proyecta la imagen del optotipo (8) a un espejo (9); el cual a su vez, la proyecta sobre una pantalla curva (7) en donde se verá la imagen del tamaño adecuado y donde se podrá mover el optotipo (8).

El proyector (6) está constituido por una fuente luminosa variable (2), una fibra óptica (3), un porta-optotipos hecho mediante un armazón de aluminio (4), un zoom fotográfico (5) y un espejo (9). La fuente luminosa (2) permite controlar el contraste del optotipo (8) así como la luminancia del mismo, esto para dar las optimas condiciones al estudio. La fibra óptica (3) nos permite llevar la luz emitida por la fuente (2) hasta el porta-optotipos (4) en donde se van a insertar los optotipos (8) para ser proyectados, preferentemente en forma de diapositivas.

El porta-optotipos (4) es de gran importancia porque en él se insertan los optotipos (8) para luego proyectarlos. Un parámetro importante de esta pieza es que la distancia de la abertura de inserción (24) de optotipos (8) al zoom (5), en combinación con la distancia a la que se encuentra el galvanómetro (10) de la pantalla (7), nos proporciona un aumento lineal de 10 veces. Esto significa que si colocamos una diapositiva en el proyector (6), la figura que en él se proyecte es aumentada a una escala de 1:10.

Por otra parte el zoom (5) ó lente fotográfico (ver figura 6) nos permite controlar el tamaño del optotipo (8) proyectado y el enfoque de este; es decir, manipulando el zoom (5) podemos obtener el tamaño del optotipo (8) adecuado ya proyectado, así como un enfoque ideal del mismo.

El dispositivo de control de frecuencia de movimiento del optotipo está conformado por un espejo (9) montado sobre un galvanómetro (10) conectado mediante cables (11) a un gráficator (25), preferentemente un osciloscopio, y a un generador de funciones (12). Este

último se encarga de emitir la frecuencia (19) al galvanómetro (10) el cual controla el movimiento del optotipo (8) (cabe resaltar que la forma de la onda del estímulo es sinusoidal). El generador (12) nos permite controlar el ángulo de apertura de las oscilaciones y que estas no sean muy bruscas, además ésta frecuencia es enviada al graficador (11) para observar y corroborar que es la deseada.



Por último la pantalla (7) sobre la que se va a proyectar (ver figura 7) es una pantalla curva, ya que con esto se garantiza la misma distancia desde el punto de observación hacia el objeto que se encuentra en movimiento. Con la pantalla se obtiene un ángulo visual de aproximadamente 35° ; valor del ángulo que se forma del observador (23) a los extremos de la pantalla de proyección.

Dispositivo de captura de la imagen pupilar.

El dispositivo que captura la imagen pupilar está conformado por dos cámaras (ver figura 3). Una de ellas del tipo CCD (13) con respuesta al infrarrojo, responsable de la adquisición de la respuesta pupilar durante la proyección de los optotipos (8); dicha cámara también tiene los propósitos de grabar la frecuencia a la que se mueven los optotipos (8) y para el procesamiento de la respuesta pupilar (17). La otra cámara (14) con respuesta al infrarrojo, funciona para el monitoreo del estímulo (18), es decir, del optotipo (8) que se está proyectando sobre la pantalla curva (7) y la forma en que se mueve este.

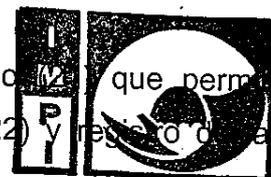
Subsistema de video-grabación.

Un factor primordial en la obtención de datos del paciente, es la grabación de la respuesta pupilar (17), para lo cual se utiliza el subsistema de video-grabación. Dicho subsistema está conformado por dos video-grabadoras (ver figura 3), preferentemente Hi-Fi VCR, en donde una de ellas (15) graba la respuesta pupilar (17), mientras que la otra (16) se utiliza para grabar todo el sistema (20) es decir, la respuesta pupilar (17), el estímulo (18) y la frecuencia de movimiento del estímulo (19).

Subsistema de procesamiento y digitalización.

Finalmente, las imágenes e información grabada mediante el subsistema de video-grabación son procesadas mediante el subsistema de procesamiento y digitalización de la

señal de video, conformado de una tarjeta digitalizadora de video (12) que permite posteriormente mediante el software iris-scope el procesamiento (22) y registro de las imágenes.



**Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial**

5 Para la medición de la agudeza visual tanto en reposo como en movimiento, utilizando el sistema descrito anteriormente, se proporciona un estímulo visual al paciente, preferentemente mediante la proyección de optotipos. Simultáneamente en el momento en el que el paciente recibe el estímulo visual, se realiza la adquisición de la respuesta pupilar provocada por éste, mediante la captura de la imagen de la pupila; al mismo tiempo el sensor de la cámara (14) monitorea el estímulo visual y su movimiento, proporcionado por el subsistema de proyección. Posteriormente, tanto las imágenes obtenidas de la respuesta pupilar del paciente como la frecuencia de movimiento de los optotipos, son almacenadas mediante el subsistema de video-grabación para finalmente ser procesadas mediante digitalización y obtener las variaciones del área pupilar.

15 Para la adquisición y medición de la respuesta pupilar del paciente se utiliza la técnica de video-oculografía, la cual es una técnica no invasiva basada en el procesamiento de imágenes de video. Dicha técnica se aplica tanto al estudio e investigación de las manifestaciones de los movimientos oculares como a la dinámica de las respuestas pupilares. El sistema de la presente invención utiliza las técnicas de video digitalizado de imágenes para obtener cuadro a cuadro la imagen, digitalizarla, procesarla, cuantificarla y almacenarla. Así por medio de la video-oculografía se registra la respuesta pupilar y la posición del ojo. Una vez almacenadas las imágenes obtenidas por el método, se aplica el procesamiento para obtener los cambios de área (mm^2) de la pupila.

25 Como una de las modalidades preferidas del método de la presente invención, la luminancia ambiental deberá estar comprendida en un valor de 85cd/m^2 (24.8 fl) con un contraste del optotipo no menor de 0.85, una luz ambiental de color blanco y con un tiempo de exposición al estímulo no muy relevante. Así mismo el diámetro pupilar debe estar comprendido entre 2 y 4 mm y la adaptación del ojo debe ser fotópica con una luminancia menor a la presentada con el optotipo.



Como puede observarse, el sistema y método de la presente invención permite val
manera objetiva y real la agudeza visual del paciente, eliminando por completo la
impresión subjetiva del paciente sobre de lo que es capaz de percibir o no con su vista
mediante la prueba de optotipos. Con ello aumenta la calidad de los resultados del estudio
y se eliminan por completo errores en la aplicación de métodos para la posible
de fallas detectadas en la agudeza visual.

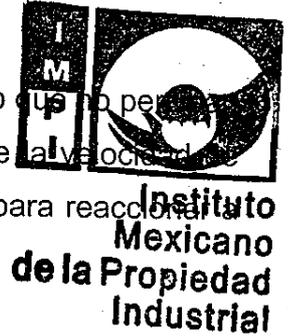
La presente invención también permite determinar la capacidad del sistema visual de un
individuo, ya sea para detectar, reconocer o resolver detalles de un objeto moviéndose a
una determinada frecuencia, es decir la agudeza visual en movimiento. Al detectar éste
parámetro, es posible determinar la frecuencia de movimiento a la que un individuo deja
de percibir un objeto o bien la frecuencia de movimiento de un objeto a la que un individuo
percibe mejor el mismo. En consecuencia, con la aplicación del invento de la presente
solicitud, se cuentan con mayores y mejores datos sobre la capacidad visual del paciente.

Así mismo la presente invención, también permite detectar y evaluar la agudeza visual en
reposo o en movimiento al mismo tiempo, permitiendo con ello encontrar una nueva forma
de evaluación y diagnóstico de la agudeza visual y haciéndolo más eficiente.

Por otra parte, el sistema de la presente solicitud, podría utilizarse para evaluar la
percepción en movimiento de un individuo, ya sea sano o que presente alguna patología
asociada a ello.

El estudio de la agudeza visual dinámica a través del sistema de la presente invención
tiene muchas aplicaciones, algunas de las cuales se describen arriba. Dependiendo de la
profesión u ocupación será el requerimiento de una agudeza visual o agudeza visual
dinámica regular, normal o perfecta. La importancia de un estudio objetivo de agudeza
visual o agudeza visual dinámica estriba en el requerimiento de percepción de detalles o
cambio repentinos del medio que nos rodea, lo cual podría ser vital en muchas disciplinas
deportivas como los son el ciclismo, automovilismo, motociclismo, etc., ya que al no
percibir el deportista de forma adecuada (nítida y rápidamente) un obstáculo, podría poner
en peligro su vida. De igual modo se aplica en conductores de vehículos automotores, ya

que el cansancio o la misma rutina de manejo provoca en cierto momento que no percibe el cambio de luces del auto que se encuentra delante él o simplemente la velocidad de respuesta de su agudeza visual dinámica no es suficientemente rápida para reaccionar a tiempo y evitar el auto de adelante u otro obstáculo.



De igual modo es importante mencionar que tanto la agudeza visual como la agudeza visual dinámica varía con respecto a la edad y el sexo y por ello es importante que esta se valore con cierta frecuencia.

Como una manera de ilustrar la presente invención se incluyen los siguientes ejemplos, sin que ello limite el alcance y aplicaciones de dicha tecnología.

Ejemplo 1. Determinación subjetiva de la agudeza visual y determinación objetiva de la agudeza visual en movimiento.

Para comparar los resultados obtenidos por los dos sistemas, se le pidió a un observador leer los caracteres de la carta de Snellen según el método convencional. Posteriormente se anotaron los valores obtenidos de la agudeza correspondientes a las respuestas dadas por el observador.

Para realizar la medición con el sistema de la presente invención, se encendió el generador de funciones y se estableció la frecuencia de estimulación (empieza a oscilar el galvanómetro y por lo tanto el espejo). Posteriormente se encendió el osciloscopio observándose una onda senoidal y se colocó el estímulo a desplegarse en el porta optotipos, desplegándose éste en movimiento en la pantalla de estimulación y enfocándose el optotipo en caso necesario. Finalmente se puso en funcionamiento el sistema de video-oculografía y se le pidió al observador colocarse en un soporte oftalmológico para mantener su cabeza fija y que observara el optotipo en movimiento.

Durante ésta etapa se comenzó a video grabar su respuesta pupilar así como el audio generado durante la misma, es decir, la voz del observador y del especialista. El observador sigue con los ojos el optotipo e indica si lo vé o no (lo cual se corrobora con las imágenes capturadas de su respuesta pupilar). En éste momento se comenzó a



incrementar la frecuencia paulatinamente hasta que el observador indicó que no es capaz de seguir el optotipo en movimiento (éste dato se corrobora con el video y audio adquirido). Durante el seguimiento del optotipo en movimiento, el observador presenta un movimiento ocular generado por dicho seguimiento y una variación pupilar debida por el reflejo de acomodación convergencia natural del ojo. En el momento en el que el observador ya no fue capaz de seguirlo lo indicó, corroborándose esto con el audio del video. Cuando el observador ha perdido de vista el optotipo, en el video se observa que repentinamente su ojo se detiene, obteniéndose de éste modo una respuesta pupilar objetiva del observador.

Al realizar el procesamiento digital de las imágenes adquiridas, se observan las variaciones pupilares debidas a la variación de la frecuencia de estimulación. Los resultados obtenidos son objetivos, ya que en el video se puede apreciar perfectamente el momento en el cual el observador es incapaz de seguir el optotipo.

Para comprobar la objetividad de los resultados obtenidos, se le pidió al observador que indicara al principio si percibía el optotipo y al final cuando lo hubiera perdido de vista.

Posteriormente se realizó el procesamiento digital de imágenes de las respuestas pupilares obtenidas y se compararon los datos obtenidos de la percepción subjetiva del observador con las imágenes obtenidas, lo cual se puede observar en la tabla 1. A pesar de que los datos obtenidos por los dos métodos no son comparables entre sí, se pueden notar diferencias significativas en el hecho de que el método convencional con el uso de las cartas de Snellen no proporciona información objetiva del estado visual del observador y solo analiza la agudeza visual en reposo, mientras que con el sistema de la presente invención se obtienen resultados objetivos y puede analizarse la agudeza visual en reposo y dinámica o en movimiento al mismo tiempo.

Ejemplo 2. Determinación subjetiva de la agudeza visual y determinación objetiva de la agudeza visual en movimiento usando corrección.

Se realizó el estudio de determinación de la agudeza visual como se indicó en el ejemplo 1 a 5 personas, obteniéndose los siguientes resultados:

21
Tabla 1



	Método Convencional. Carta de Snellen		Método de la invención			
	SC		SC		CC	
Sujeto	OD	OI	OD	Frecuencia* (Hz)	OD	Frecuencia* (Hz)
1	20/30	20/40	20/40	1.6	20/25	1.8
2	20/80	20/25	20/50	1	20/30	1.2
3	20/30	20/60	20/50	1.4	20/25	1.6
4	20/30	20/40	20/40	1	20/25	1.3
5	20/30	20/25	20/40	0.8	20/30	1.3

OD ojo derecho
 OI ojo izquierdo
 SC sin lentes correctivos
 CC con lentes correctivos

* Frecuencia en la cual el paciente tuvo una agudeza visual de 20/100.

Como puede observarse en la tabla 1, los resultados obtenidos por el método de la presente invención, reflejan valores completamente diferentes a los obtenidos por el método convencional para todos los pacientes evaluados; así mismo también se observa que objetivamente el estado visual real de los pacientes se encuentra más bajo que el declarado por ellos mismos. Por otra parte, al realizar la medición de la agudeza visual estática con lentes correctivos, con el método de la presente invención se pudo observar un aumento bastante considerable en la agudeza visual de todos los pacientes aun cuando la frecuencia del estímulo proporcionado durante el estudio tendía a ser mayor (figura 8). Por otra parte, se pudo observar el cambio de área en la pupila al percibir y al no percibir el optotipo como puede notarse en la figura 9. Las imágenes que se obtuvieron en uno de los pacientes mientras seguía al optotipo (panel A) registraron un diámetro pupilar de 5 mm, mientras que cuando lo perdió de vista (panel B) se observó un reflejo dilatador de la pupila de $20\% \pm 1$ de su área pupilar.

Así mismo como puede observarse en la tabla 1, usando el método de la presente invención se obtuvieron al mismo tiempo los valores correspondientes a la agudeza visual

estática de manera objetiva y de agudeza visual dinámica para cada uno de los sujetos. Por ejemplo, entre los sujetos 1, 4 y 5 existe el mismo valor de agudeza visual estática (20/40), pero con valores de agudeza visual dinámica diferentes entre sí (1.6, 1 y 0.5). Esto significa que el sujeto 1 es capaz de tener una agudeza visual, de 20/400 a una mayor frecuencia de movimiento del estímulo visual que el sujeto no. 5, lo cual significa que la agudeza visual dinámica del sujeto 1 es mayor que la del sujeto 5. Así mismo también se observa que la agudeza visual dinámica para cada uno de los sujetos se vio incrementada de manera considerable con el uso de lentes correctivos.



10 REFERENCIAS.

1. Artigas, J. M., Capilla, P., Pujol, J., y Felipe, A. "Óptica Fisiológica Psicofísica de la Visión", Edit. Interamericana McGrawHill, Madrid, 1995.
2. Cajica, César. Video – oculografía para la medición del nistagmo torsional. Tesis de maestría, sección de Bioelectrónica, Departamento de Ing. Eléctrica, CINVESTAV-IPN, 1993.
3. Clarke A. Teiwes W. y Sherer H. "Video-oculography, an alternative method for measurement of three dimensional eye movements", Freie Universitat Berlin, 1989.
4. Suaste E., Cajica C. And Rivera P., "Video – oculography for measurement of torsional nystagmus," Pro. Of the 15th Ann. Int. Conf. IEEE-EMBS., 15 (1), pp. 38-39, 1993.
- 20 5. El universo de la ciencia; Visión, luz y color, Ed. Sayrols., pp. 20–25. 1996.
6. Terdiman, J., Stark, J. - y Smith, A. Pupil response to light and electrical stimulation: static and dynamic characteristics. Brain Res. 16: 288 –292.
7. Smith, R.F., Fundamentals of sensory physiology, Springer-Verlag, New York, 1977.
- 25 8. Guyton, A. Neurofisiología de la visión. En "Tratado de Fisiología Médica". Ed. Interamericana - McGraw Hill, México, 1989.
9. Anthony C.P. Thibodeau G. A. "Anatomía y Fisiología", Interamericana, 1983.
10. Moses, R. A. "Adlers' physiology of the eye: Clinical Application", 7^a edition. Ed. C. V. Mosby (St. Louis); pp: 329, 1981.
- 30 11. Sun F. y Stark L., "Pupillary escape intensified by large papillary size", Vision. 23 (6) pp. 611 – 615. 1983



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

12. McLaren J., Fjerstad W. and Brubaker R., "New video pupillometer" Engineering, Vol. 34 No. 333, SPIE, pp. 66676 – 6683, 1995.
13. Duke-Elder, System of ophthalmology, Vol. VII y XII, Neuro – Ophthalmology
14. Barbur, J.L., Thompson, W.D. y Forsyth, P.M. " A new system for the measurement of pupil size and two dimensional eye movements", Clin. Vision Sci, 131 – 142, 1987.
15. Lowenstein, O. y Lowenfeld, I. "Electronic Pupillography," Arch Ophthalmol., Vol 59, pp. 352 – 363; 1958.
16. Stark, L. "Stability, oscillations and noise in the human pupil sevomechanism," Proc. IRE. 47; 1925-19339. 1959.
17. Zúber, B:L: y Miller, C. "A simple inexpensive pupillometer", Vision Res., 5; 695-696. 1965.
18. Harris S. y Jones D. " A fast pupillometer using high resolution linear CCD arrays and a 16 bit microprocessor," IEEE, pp. 1562 – 1563.
19. Green, D.G. y Maseidvag, F. "Close circuit television pupillometer," J. Opth Soc. Am., 57: 830 – 833. 1967.
20. Watanabe, T. y Oono S. " A solid-state televisión pupillometer," Vision res. 22; 501-505. 1982.
21. Suaste E., "Pupilómetro digital", XXX Cong Nac. C. Fisiol. , México. 1987.
22. Suaste, E., Y Vergara, E. "Unidad portátil para monitoreo y registro de respuesta pupilar y movilidad ocular", Rev. Mex. Ing. Biomed. 9 (1): 183 –189; 1988.
23. Camacho, Ma.G., "El impacto Social y Económico de la diabetes". Ciensalud, Inverstigación y Desarrollo.". No. 114. Año X. Febrero 2002.
24. Godning, E., Hacunda, J. S. "Computers and visual stress, Staying Healthy". Ed. Abacus. Pp: 23 – 39, 1991.



Reivindicaciones.

1. Un instrumento para la valoración de agudeza visual de los tipos que se comprenden de un subsistema de proyección de estímulos visuales en movimiento o estáticos, particularmente optotipos, un dispositivo de control de frecuencia del movimiento de dichos optotipos, un dispositivo de captura de imagen que se realiza mediante cámaras con respuesta al infrarrojo y con opción a video-filmación nocturna, un subsistema de video-grabación, y un subsistema de procesamiento y digitalización de la señal de video, que detecta la agudeza visual dinámica y estática a través del procesamiento de imágenes de video adquiridas de las respuestas pupilares que resultan cuando el sujeto en estudio realiza el seguimiento del optotipo en movimiento o bien cuando lo mira fijamente estando el optotipo en reposo, que se caracteriza porque el subsistema de proyección de estímulos visuales en movimiento o en reposo, particularmente optotipos, integra un proyector que a su vez se forma de una fuente luminosa variable que conectada a través de una fibra óptica a un porta-optotipos permite controlar la luminancia y el contraste del optotipo que se proyecta desde el porta-optotipos a través de un lente fotográfico en un espejo, el cual a su vez lo proyecta sobre una pantalla curva, en donde; el porta-optotipos consiste de una armazón que presenta cerca de su extremo distal al lente fotográfico y por ende, cercano al extremo en donde se conecta con la fibra óptica, una abertura de inserción en donde se van a insertar los optotipos para ser proyectados.
2. El instrumento para la valoración de agudeza visual, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la armazón del porta-optotipos está hecha de aluminio.
3. El instrumento para la valoración de agudeza visual, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los optotipos se encuentran en forma de diapositivas.
4. El instrumento para la valoración de agudeza visual, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la disposición entre los optotipos, el lente fotográfico y el dispositivo de control de frecuencia de movimiento del optotipo, proporciona un aumento lineal de por lo menos 10 veces el tamaño del optotipo.
5. El instrumento para la valoración de agudeza visual, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la curvatura de la pantalla permite obtener un ángulo visual de 35° del observador a los extremos de la pantalla.



6. Un método para evaluar a partir de un instrumento para la valoración de la agudeza visual, la agudeza visual en reposo y en movimiento de un sujeto en los estudios de los del tipo que comprenden las etapas de: a) proporcionar un estímulo visual en movimiento al sujeto, b) captar la respuesta pupilar, c) monitorear el estímulo visual y su movimiento, al mismo tiempo que b), d) procesar la información obtenida de b) y c) y e) obtener los cambios de área de la pupila, que se caracteriza porque en la etapa a) el estímulo visual que se proporciona al sujeto, se realiza a través de la proyección de un optotipo, que se coloca en forma de diapositiva en una abertura de inserción que para tal efecto presenta el porta-optotipos, del instrumento con el que se perfeccionan las etapas a), b), c), d) y e) antes mencionadas.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, que se caracteriza porque el método se realiza a una luminancia ambiental de 85 cd/m^2 , con un contraste del optotipo no menor de 0.85, con una luz ambiental de color blanco, un tiempo de exposición al estímulo no muy relevante, con un diámetro pupilar entre 2 y 4 mm y con una adaptación del ojo fotópica con una luminancia menor a la presentada con el optotipo.

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

5

10

15

20

25

30

Resumen.

Se presenta un nuevo instrumento para la valoración de agudeza visual y el correspondiente método para determinar la agudeza visual de un sujeto en estudio utilizando el instrumento propuesto, en donde, el instrumento objeto de invención comprende, un subsistema de proyección de estímulos visuales en movimiento o estáticos, particularmente optotipos, un dispositivo de control de frecuencia que regula el movimiento de dichos optotipos, un dispositivo de captura de imagen pupilar mediante cámaras con respuesta al infrarrojo y con opción a video-filmación nocturna, un subsistema de video-grabación, y un subsistema de procesamiento y digitalización de la señal de video, que detecta la agudeza visual dinámica y estática a través del procesamiento de imágenes de video adquiridas de las respuestas pupilares que resultan cuando el sujeto en estudio realiza el seguimiento del optotipo en movimiento o bien cuando lo mira fijamente estando el optotipo en reposo, y que además incorpora una novedosa propuesta para modificar el subsistema de proyección, de tal manera que se facilite la forma de proyectar y controlar los estímulos visuales que se presentan al sujeto en estudio, a través de un porta-optotipos y optotipos proyectados en forma de diapositivas.

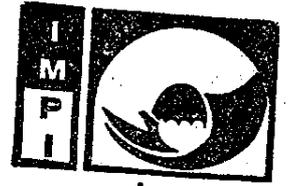


20

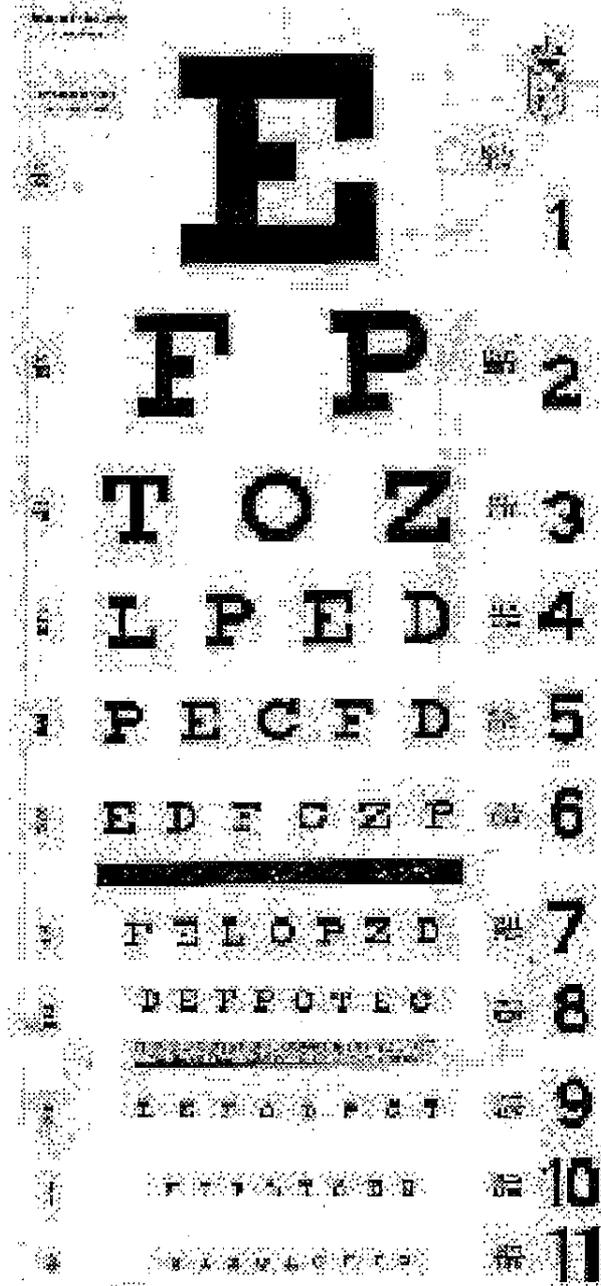
25

30

FIGURA 1



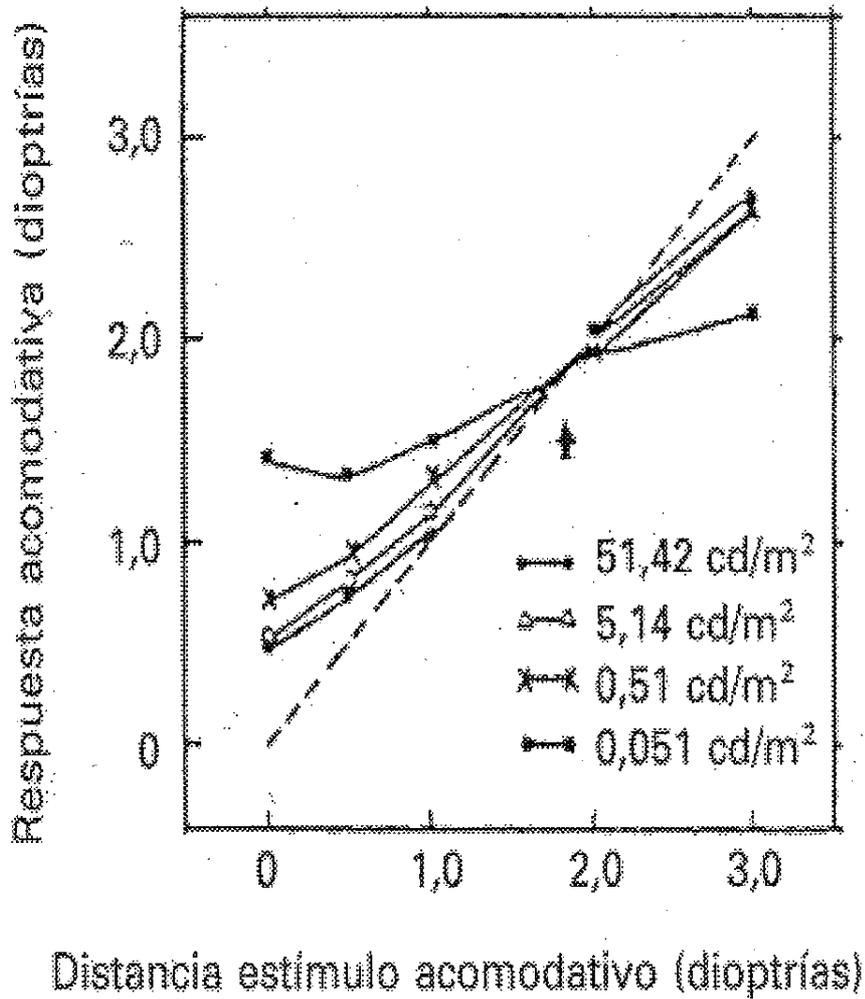
Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial





Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

FIGURA 2





Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

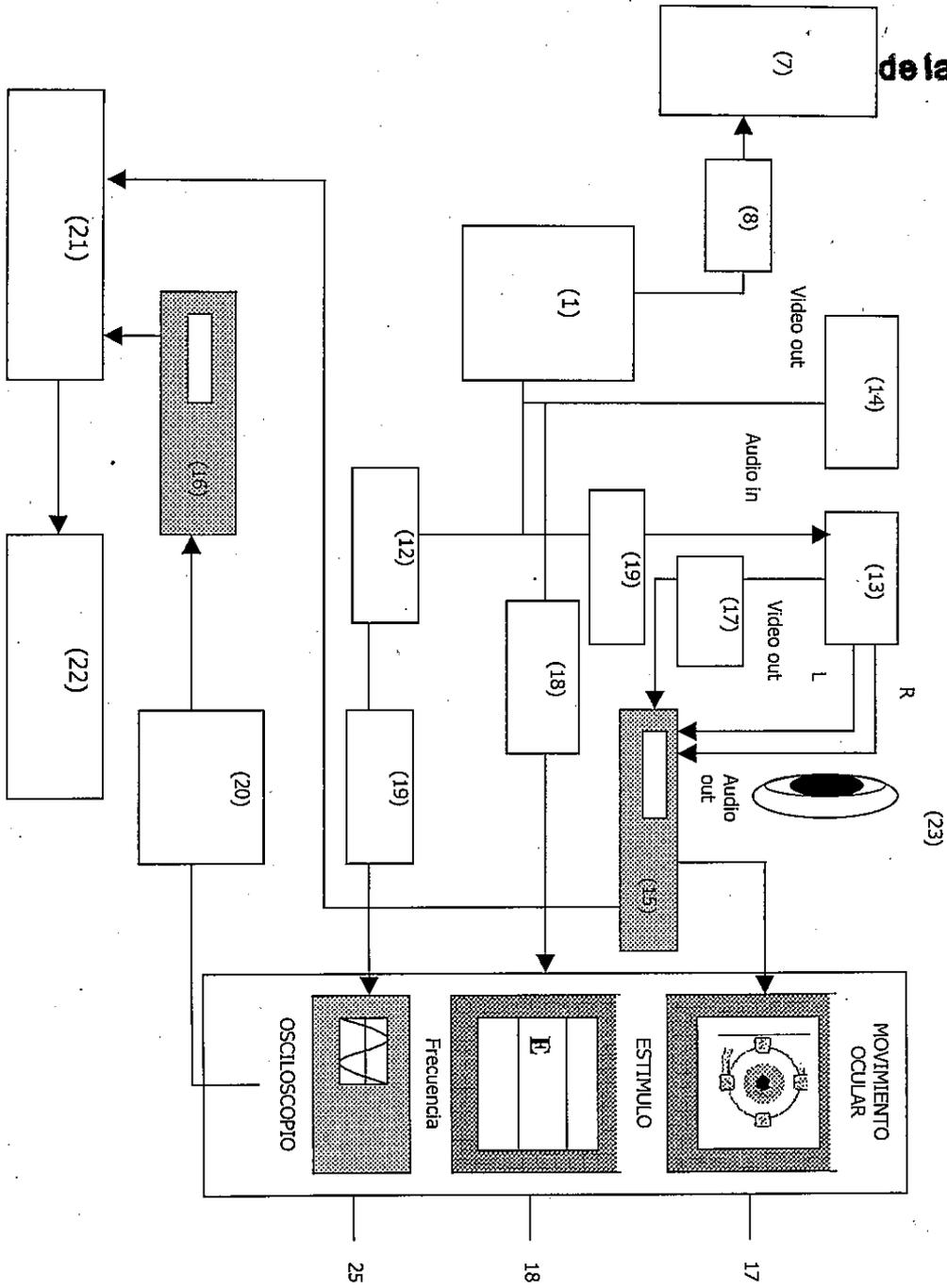
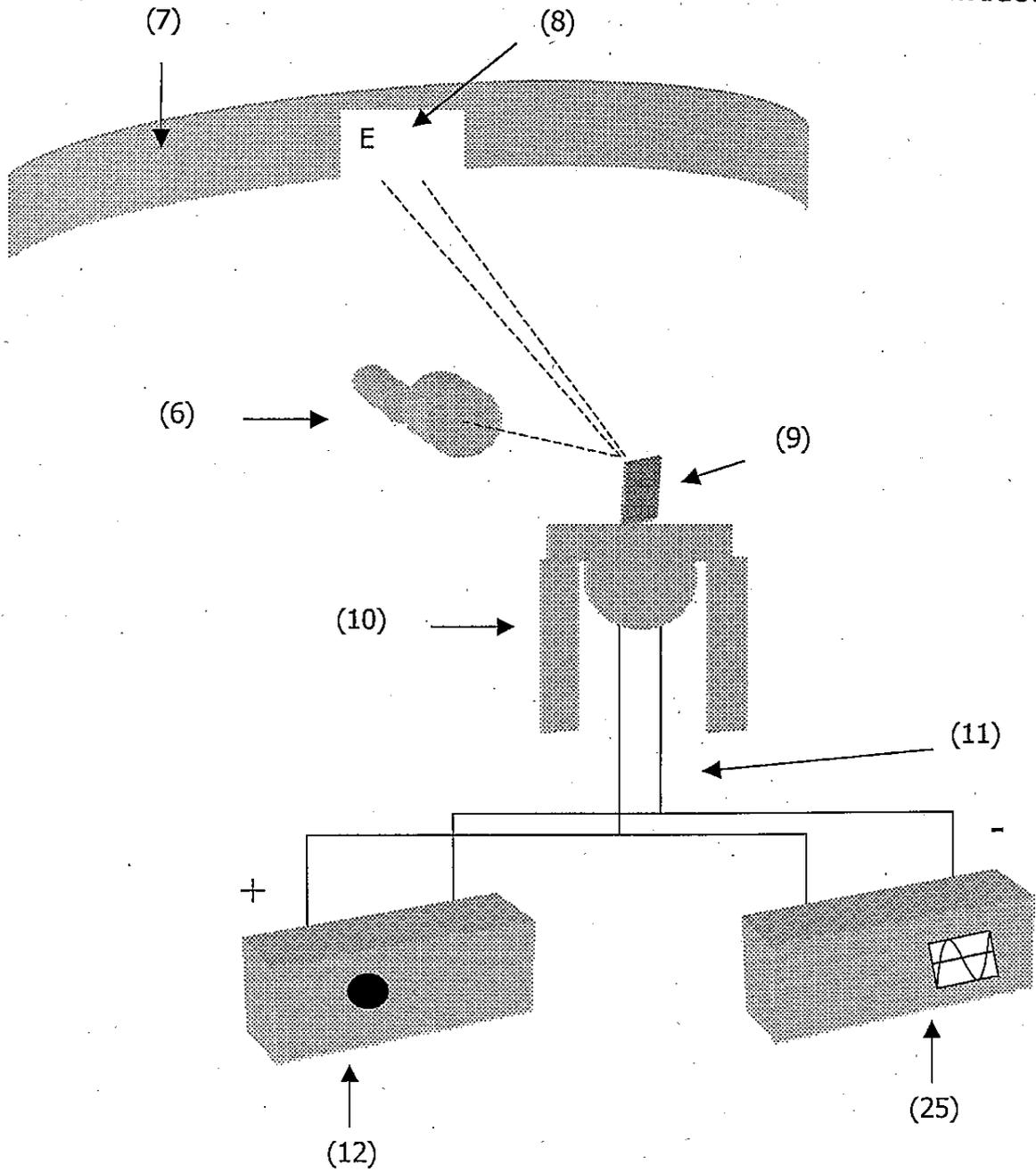


FIGURA 3

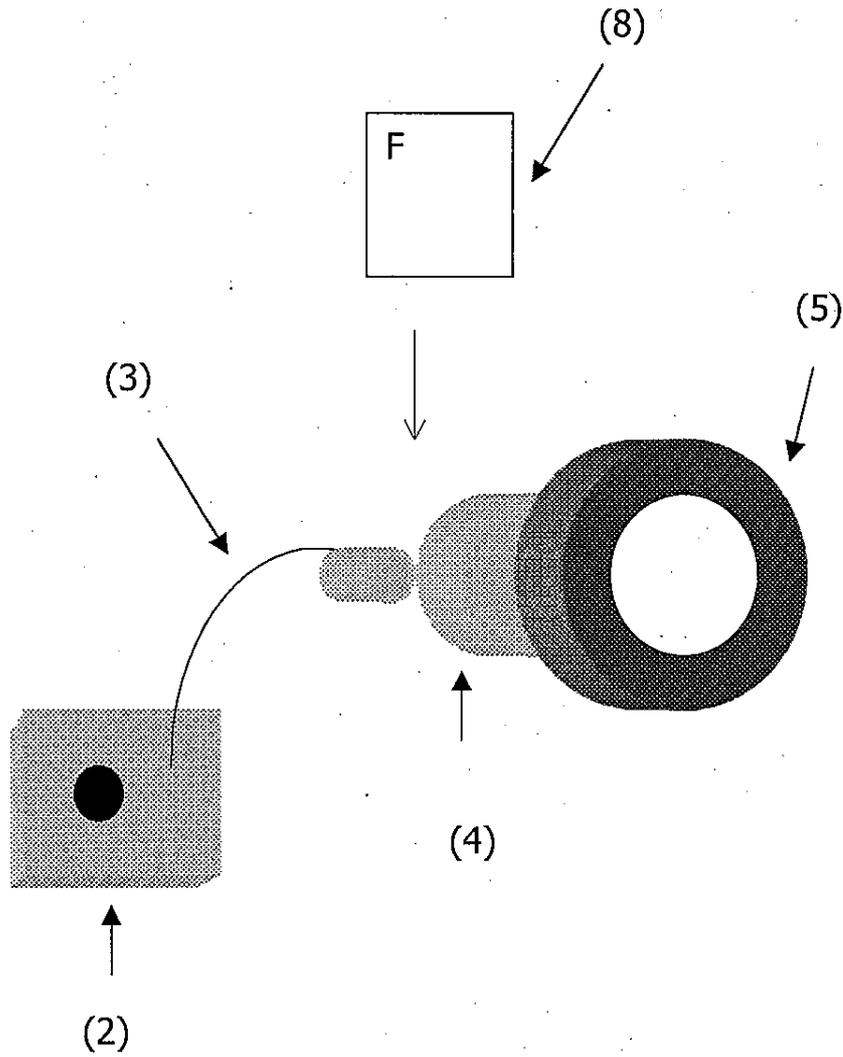
FIGURA 4





Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

FIGURA 5





Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

FIGURA 6

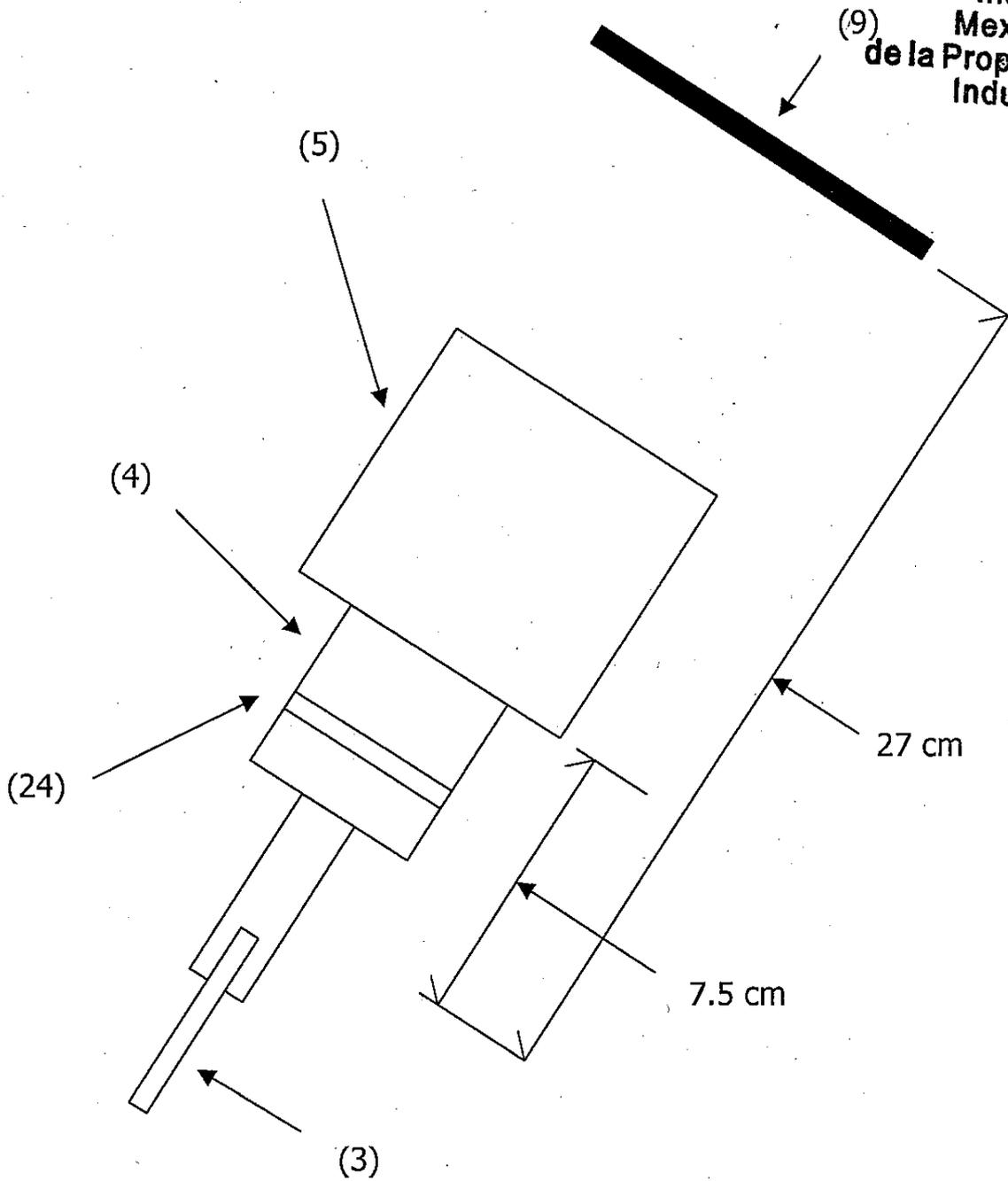


FIGURA 7

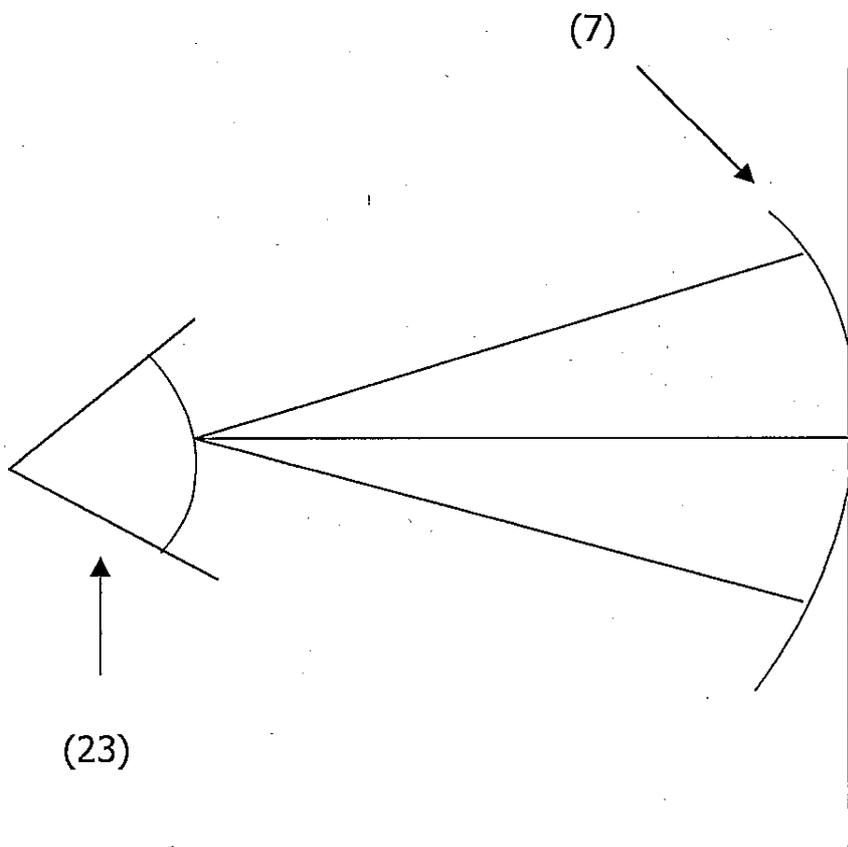


FIGURA 8



Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

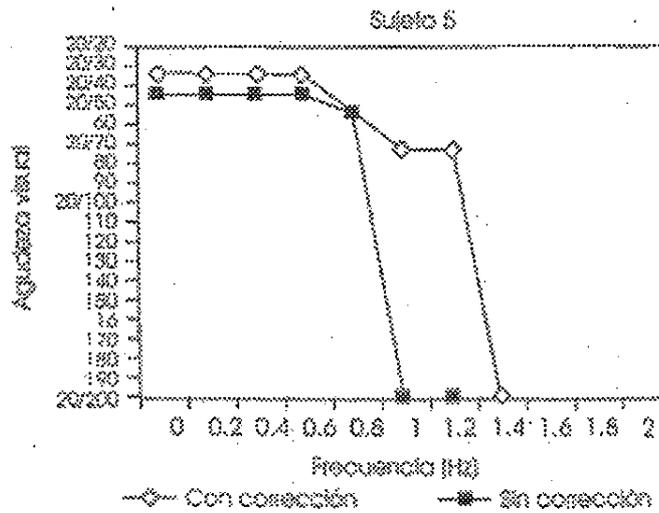
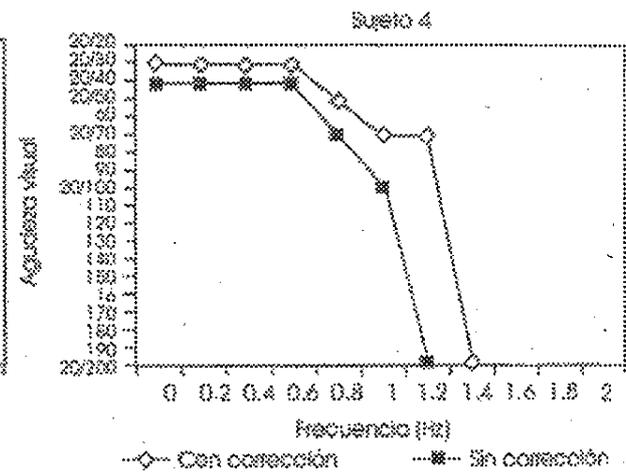
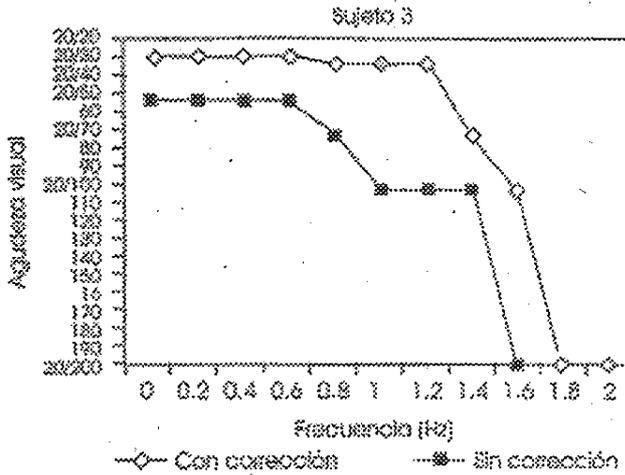
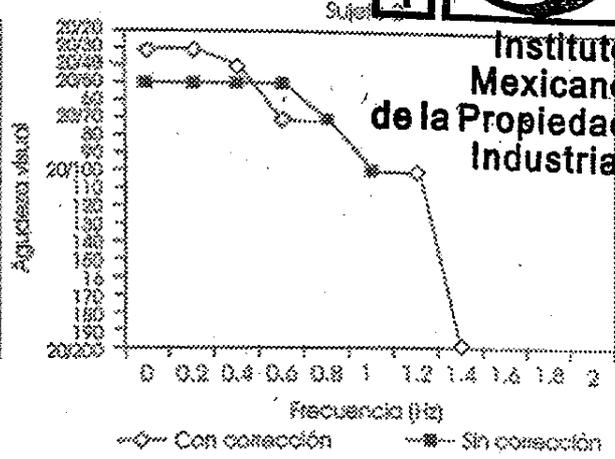
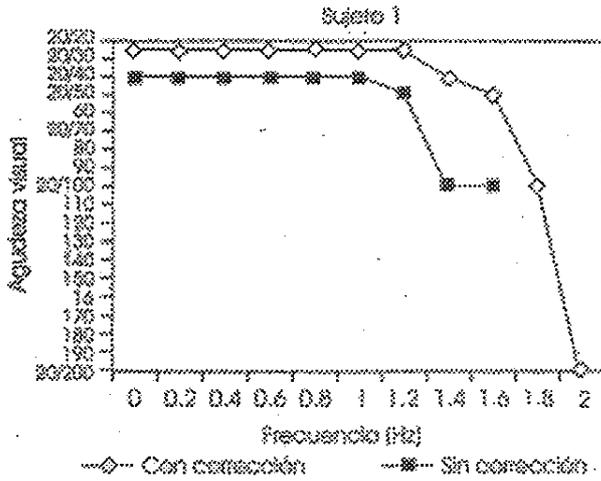


FIGURA 9



Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial



A



B