



REVISIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTRÉS A PARTIR DE VARIABLES FISIOLÓGICAS

REVIEW OF ELECTRONIC DEVICES FOR THE DETERMINATION OF STRESS BASED ON PHYSIOLOGICAL VARIABLES

Sandra M. García¹

Liliana Garzón²

Luz H. Camargo³

Fecha de envío: Enero de 2011

Fecha de recepción: Febrero de 2011

Fecha de aceptación: Marzo de 2011

Resumen:

El estrés es catalogado, como uno de los padecimientos más frecuentes en la sociedad moderna. Este documento presenta una revisión de los estudios enfocados al diagnóstico del estrés, por medio de la evaluación y medición de diferentes variables fisiológicas, como la medición galvánica de la piel (GSR), la composición química del sudor, la tensión muscular (EMG), entre otros. Estas técnicas buscan desarrollar un sistema para determinar el nivel de estrés crónico y disminuir el impacto que este puede generar.

Palabras clave:

Estrés, detección de estrés, impedancia galvánica de la piel (GSR), electromiografía (EMG), tensión arterial.

niques are aimed at the development of a system that determines the levels of chronic stress as well as reducing stress impact.

Key Words:

Stress, stress detection, impedance, galvanic skin response (GSR), electromyography (EMG), blood pressure.

Abstract:

Stress is regarded as one of the most frequent sufferings in modern society. This paper presents a review of studies focused on stress diagnosis through the assessment and measurement of physiological variables such as galvanic skin response (GSR), the chemical composition of sweat and muscle tension (EMG) among others. These tech-

1. Introducción

El estrés es un estado mental que afecta el cuerpo humano. En Europa se lo determinó como uno de los padecimientos ocupaciona-

1 Ingeniera Electrónica, Facultad de Ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo: smgarciaa@estudiante.udistrital.edu.co

2 Ingeniera Electrónica, Facultad de Ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo: lgarzond@estudiante.udistrital.edu.co

3 Licenciada en Biología; Especialista en Bioingeniería; Candidata a Maestría en Ingeniería Biomédica. Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo: lhcamargoc@udistrital.edu.co

les más importantes de la década de 1990. En una encuesta realizada entre 1995 y 1996, más del 60% de los trabajadores sufrían estrés durante más de la mitad de la jornada laboral [1]. A escala social, los costos son notables en términos de absentismo, disminución de la productividad y gastos de atención sanitaria. En Estados Unidos las pérdidas monetarias de las instituciones a causa del padecimiento de estrés y de los problemas relacionados con este se estiman en más de US\$150 mil millones anuales [2].

A nivel nacional se han practicado estudios a pequeños grupos poblaciones donde se relacionan los niveles de estrés y los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares en la Costa Caribe colombiana y los resultados revelan que de un grupo de 2.023 personas, con edad promedio de 47 años, 24,2% de los pacientes presentaban ansiedad, 22,7% padecen depresión y 6,1% sufre trastornos de ansiedad y depresión simultáneamente, alteraciones psicológicas derivadas de los niveles de estrés [3]. En este estudio es notable la valoración prioritaria de los niveles de estrés como factor de riesgo coronario. Otros estudios indican que en la actualidad este porcentaje se ha elevado debido a factores como el incremento de la violencia, la pobreza y el desempleo, entre otros. A nivel académico existen reportes que revelan que, en un colegio de 100 educadores, entre 37% y 40% presentan algún trastorno mental, y en un curso de 40 estudiantes, 10 presentan depresión [4].

El estudio científico del estrés se inició en 1867, cuando el fisiólogo francés Claude Bernard sugirió que los cambios externos en el ambiente podrían perturbar el organismo y que una de las principales características de los seres vivos es mantener la estabilidad en ellos y las condiciones del entorno [5]. Más

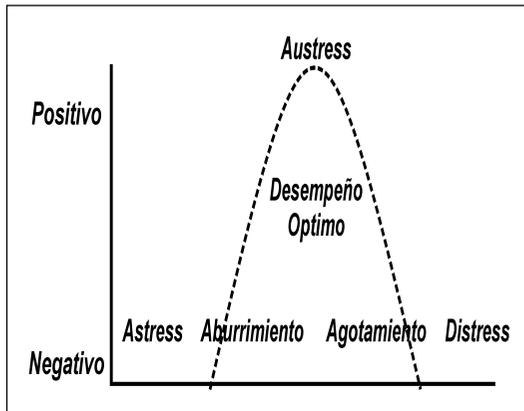
tarde, en 1922, el fisiólogo norteamericano Walter B. Cannon propone el término *homeostasis* para referirse a la cualidad de un ser vivo de mantener una relación normal con su medio interno, aun cuando las condiciones de su entorno varíen [6]. Luego, a mediados de 1936, el fisiólogo y médico Hans Selye⁴ de la Universidad de Montreal realizó una serie de experimentos que consistían en inyectar extractos ováricos en ratas. En estos estudios Selye observó que existía algún mecanismo en el cuerpo que responde de manera general a los “agentes nocivos” externos; de esta manera, identificó el estrés basado en “leyes biológicas demostrables” que años después asociaría al “síndrome de solo estar enfermo” [7] y lo definió ante la Organización Mundial de la Salud (OMS) como “síndrome o conjunto de reacciones fisiológicas no específicas del organismo a diferentes agentes nocivos del ambiente de naturaleza física o química” [9] y lo denominó como el Síndrome de Adaptación General (SAG).

En el año 1956, en su obra *The Stress of Life*, Selye publica la clasificación de las etapas del estrés en dos tipos: el estrés agudo o *eustress*, cuando el estímulo es real pero dura poco, y el estrés crónico o *distress*, cuando el estímulo es real o imaginario, pero es de mayor intensidad y suele perdurar más [8]. Por último, se introdujo una clasificación adicional donde el individuo no presenta un estado de estrés, que se denominó *astress* [9]. En la Figura 1 se observa las etapas y clasificación del estrés.

De acuerdo con los estudios realizados por Selye, se podrían determinar algunas causas del denominado Síndrome de Adaptación General (SAG); sin embargo, la respuesta de estrés puede ser producida por un evento emocional, de manera positiva o negativa. No

4 El húngaro Hans Selye (1907-1982) concibió por mera casualidad la idea del Síndrome de Adaptación General (SAG), sobre el cual escribió por primera vez en el *British Journal Nature* en el verano de 1936. El SAG, también conocido como síndrome del estrés, Selye lo designó como agente nocivo.

Figura 1. Etapas y clasificación del estrés [9].



existe un estímulo al que todas las personas reaccionen de la misma forma y por el cual sean influenciadas con la misma intensidad, es decir, no existe un estímulo estresor estándar que afecte con la misma intensidad a todas las personas. Es por ello que situaciones que provocan estrés en una persona pueden ser insignificantes o placenteras para otras [10-11]. Los efectos en la salud del estrés crónico pueden ser causa de enfermedades cardiovasculares, artritis reumatoide, migrañas, calvicie, asma, tics nerviosos, dermatitis, impotencia, irregularidades en la menstruación, colitis, diabetes, dolores de espalda, insomnio, agresividad, neurosis de ansiedad, trombosis, entre otras [12].

En general, el estrés tiene muchos parámetros fisiológicos y psicológicos que pueden concebirse para llegar a un diagnóstico oportuno. En la actualidad, a nivel tanto nacional como internacional, se tienen estadísticas específicas de diversos grupos de personas que clasifican el tipo de estrés al que se someten (laboral, académico, emocional, etc.) y el ámbito en que se desempeñan estos individuos. En el país, el Ministerio de la Protección Social, en Resolución 002646 de 17 de julio de 2008, define el estrés como enfer-

medad profesional y las responsabilidades en la identificación, evaluación, prevención, intervención y monitoreo permanente de la exposición a factores de riesgo sicosocial en el trabajo y la determinación del origen de las patologías causadas por el estrés ocupacional.

El diagnóstico y tratamiento de los niveles de estrés es crucial para la prevención de enfermedades y patologías, y en la actualidad se han realizado muchos estudios sobre el estrés y el diagnóstico a partir de diferentes variables fisiológicas. Se presentan a continuación los diferentes métodos que permiten el registro de los niveles de estrés para tal fin.

2. Sistemas de detección de estrés

Los diferentes tipos de detección se basan en alteraciones psicológicas y fisiológicas que cada individuo puede desarrollar ante un estímulo. A nivel fisiológico el cerebro envía señales químicas que activan la secreción de hormonas en la glándula suprarrenal; las hormonas inician una reacción en cadena en el organismo y el cerebro responde activando el sistema nervioso simpático; como consecuencia de estos eventos el ritmo cardiaco y la respiración se aceleran, la presión arterial sube, la sangre abandona los estratos superficiales de la piel dirigiéndose hacia los músculos, permitiendo una mayor cantidad de oxígeno, y el nivel de insulina aumenta para permitir que el cuerpo metabolicé más energía [5]. Todos estos parámetros permiten la medición de estrés realizando un seguimiento de los mismos.

A continuación se realiza una breve revisión de los estudios del estrés basados en las diferentes variables fisiológicas: impe-

dancia galvánica de la piel, electromiografía (EMG), tensión arterial, frecuencia cardíaca, volumen de la sangre, amilasa salival y diámetro de la pupila.

2.1. Impedancia galvánica de la piel

Las medidas de impedancia eléctrica en tejidos biológicos tienen una historia que se remonta a finales del siglo XVIII, con los experimentos realizados por Galvani⁵. Las medidas de impedancia eléctrica determinan o infieren información acerca del tejido, siempre y cuando el evento en análisis presente un cambio en dimensión en sus propiedades dieléctricas o en su conductividad. Solo fue hasta principios del siglo XX cuando se estudió la estructura de los tejidos biológicos con base en sus propiedades pasivas, lo cual demostró que los tejidos biológicos son conductores y su resistencia variaba con la frecuencia [13].

Las mediciones de resistencia y conductividad eléctrica caracterizan el estado funcional de la piel y permiten estimar la actividad del sistema nervioso central y periférico debido a que en la capa granular de la epidermis se producen los procesos de regulación de los terminales nerviosos que reflejan el estado emocional humano. El valor de esta impedancia depende de la sudoración, la secreción de grasa y la concentración de sales minerales, gases y fluidos extracelulares. Una capa de piel seca es un buen dieléctrico conductor, como resultante de una constante evaporación, denominada perspiración. A mayor humedad, menor resistencia óhmica. Así, las propiedades dieléctricas de la piel están determinados por estos dos factores: contenido de lípidos y baja humedad. La excitación nerviosa emocional incrementa la actividad humectante de las glándulas aumentando las propiedades electroconduc-

tivas de la piel y disminuyendo la resistencia óhmica, efecto que se conoce como reflejo sicogalvánico (SGR). Las glándulas sudoríparas son excitadas o inhibidas por el sistema nervioso simpático, siendo este quien regula el fenómeno electrodérmico [9]. Al aumentar el nivel de estrés aumenta la sudoración, dando como resultado una disminución en la resistencia eléctrica de la piel; en caso contrario, si el usuario entra en un estado de relajación, la sudoración disminuirá y la resistencia cutánea aumentará [14].

En la actualidad existe diversos dispositivos que miden la impedancia galvánica de la piel; sin embargo, se evidencia en los estudios basados en los efectos electrodérmicos el esfuerzo por establecer una escala universal, pero se presentan muchas fluctuaciones entre los datos obtenidos, debido a las variaciones en las medidas, incluso en las realizadas en un mismo individuo [14]. Por esta razón, en la actualidad no se encuentra ningún modelo o escala estándar que permitan establecer los niveles de estrés basados en el comportamiento eléctrico de la piel.

2.2. Tensión arterial y frecuencia cardíaca

La reactividad cardiovascular se define como los cambios de presión arterial y de frecuencia cardíaca que tienen lugar ante un determinado estímulo físico o mental. Se define la presión arterial (PA) o tensión arterial (TA) como la fuerza que ejerce la sangre bombeada por el corazón en cada latido contra las paredes de las arterias [15], mientras que la frecuencia cardíaca es el número de latidos que ocurren en un minuto y se expresa en latidos por minutos (lpm) [16]. Se ha observado una asociación entre estrés y enfermedad cardiovascular. El estrés crónico puede desencadenar un infarto agudo de miocardio o muerte súbita. Los principales

5 Luigi Galvani (1737-1798), médico, fisiólogo y físico italiano cuyos estudios le permitieron descifrar la naturaleza eléctrica del impulso nervioso.

mecanismos implicados son: el incremento de la presión arterial (PA) y de la frecuencia cardíaca (FC), el incremento de la actividad plaquetar, la arritmogénesis, la presencia de enfermedad coronaria (la respuesta vasoconstrictora de las arterias coronarias al estrés).

Una de las metodologías utilizadas para observar la influencia del estrés en la enfermedad cardiaca se basa en pruebas metales que establecen la presión arterial (PA) y la frecuencia cardiaca (FC) en un período de reposo de 5-10 minutos, para después efectuar mediciones de estos parámetros y enseguida aplicar el estímulo mental, etapa en que se realizan nuevas mediciones con intervalos de un minuto [2]. Como resultado de estos estudios, se ha observado que existe una relación entre una respuesta de la presión arterial (PA) y las pruebas de estrés mental (sujetos hiperreactivos) aplicadas. En la Tabla 1 se observan los resultados obtenidos durante varios años de seguimiento y su correlación con los niveles de presión arterial (PA).

En la actualidad no existe un dispositivo que evalúe el estrés a partir de la medición de la tensión arterial; sin embargo, se realizan

6 Estrés físico y mental.

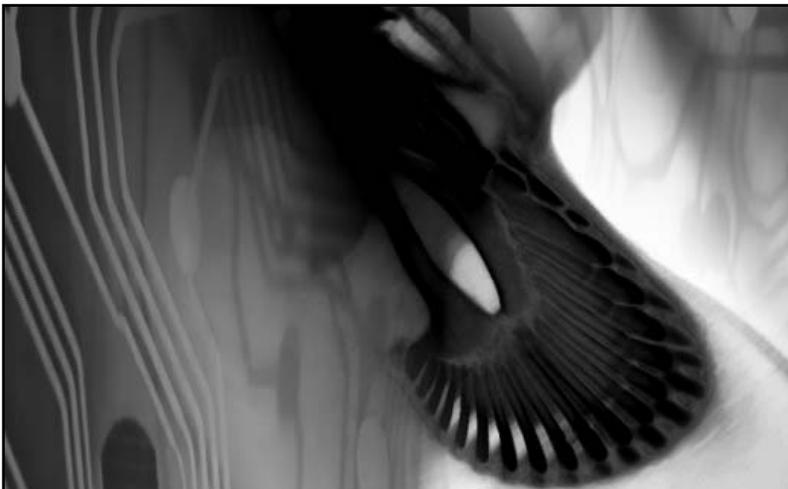


Tabla 1. Pruebas de reactividad cardiovascular predictivas de hipertensión arterial. Pruebas de estrés mental [17]

Estudio	No.	Seguimiento	PA futura
Falkner et al. (1981)	80	5 años	sí
Light (1992)	51	10-15 años	sí
Murphy (1993)	292	5 años	sí
Matthews (1993)	206	6,5 años	sí
Markovitz (1995)	3.364	5 años	sí
Carroll D. (1995)	1.003	4,9 años	No ⁶
Borghi (1996)	70	10 años	sí
Armario (2003)	89	5 años	sí

análisis por medio de la medición automática de la presión arterial (PA) y de la frecuencia cardiaca (FC). Un ejemplo de los dispositivos utilizados en el mercado es el monitor Kontron Minimon 7137B con el que se realizan mediciones cada minuto durante la prueba, durante los períodos basales y de recuperación correspondientes [18].

2.3. Volumen de la sangre (BVP)

Inicialmente, los estudios del volumen de la sangre se realizaban por medio del manómetro aneroides para medir la presión [19] y actualmente también se utiliza el método de pletismografía, que incluye técnicas de diagnóstico para determinar los cambios de volumen como consecuencia de variaciones en el flujo sanguíneo, pero este método no

mide el volumen de la sangre de un vaso sanguíneo, arteria o vena, sino los cambios de volumen en un segmento de una extremidad [20]. Utilizado para realizar una evaluación de estrés, este método usa un dispositivo de medición llamado de fotopleletismografía cuyo principio físico se basa en las propiedades ópticas de un área determinada de piel [21], evidentes al emitir una luz infrarroja sobre la piel, la cual es absorbida en mayor o menor cantidad, dependiendo de la cantidad de flujo sanguíneo. La luz emitida se refleja y corresponde con la variación del volumen de sangre. Estudios basados en esta técnica afirman que existen discrepancias en la escala de medición de estrés, ya que actualmente no existe una escala o estándar para su medición [22] y, por tanto, no se puede llegar a una evaluación con 100% de fiabilidad.

2.4. Electromiografía (EMG)

La capacidad de detectar señales electromiográficas mejoró constantemente a partir de los años 30 y 50 al utilizar electrodos especializados en el estudio de músculos. El uso clínico de la superficie EMG para el tratamiento de desórdenes más específicos comenzó en los años 60, asociando la tensión neuromuscular con el estrés agudo y crónico [23]. El grado de tensión en los músculos aumenta como parte de la respuesta de lucha o huida al estrés. Así mismo, el estrés crónico o prolongado puede aumentar los niveles de tensión neuromuscular. Desde el punto de vista de la salud humana, se puede enfocar el concepto al máximo de tensiones o presiones que una persona puede soportar con o sin repercusiones perjudiciales en el estado físico y psicológico.

Estudios realizados en bioalimentación⁷ orientados al tratamiento de estrés establecen que la electromiografía superficial

constituye un indicador de la tensión muscular en el área evaluada; este método busca, por medio de la estimulación auditiva o visual, evaluar en el individuo el posible nivel de estrés en que se encuentra [25]. En esta investigación los sensores se ubicaron en los músculos frontales, utilizando dos electrodos activos y uno de referencia entre ambos. Los valores óptimos para un músculo completamente relajado oscilan entre 0 a 2,0 o 2,5 microvoltios, siendo que un músculo contraído evoca una respuesta entre 2,5 y 6 microvoltios, por lo cual valores superiores a estos expresan de manera clara niveles moderados y altos de tensión muscular [26].

2.5. Amilasa salival

En 1831, Friedrich Leuchs Erhard describió la hidrólisis del almidón, debido a la presencia de una enzima en la saliva, la tialina o amilasa⁸ [27]. La amilasa salival es una enzima digestiva cuya secreción la controla el sistema nervioso simpático, que gracias a los cambios que presenta esta en su actividad se puede relacionar con los niveles de estrés [28].

En la actualidad se ha recreado el comportamiento de la amilasa salival como índice para evaluar el nivel de estrés en humanos, por medio de hormonas que actúan de manera similar a la enzima amilasa. Entre ellas están las denominadas glucocorticoides y catecolaminas [30]. Varios informes se han publicado sobre el uso de cortisol, un tipo de glucocorticoide, pero su concentración en la sangre o la saliva es muy baja y requiere de equipos específicos de gran escala, por ejemplo de cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) o de inmunoensayo enzimático (EIA), y su análisis puede requerir demasiado tiempo [29]. También se han realizado estudios utilizando el test de

7 Las técnicas de biofeedback permiten que un sujeto, mediante instrumentos electrónicos que generan señales auditivas o visuales, tenga conciencia de cambios fisiológicos y biológicos que normalmente no son conscientes (ritmo cardíaco, presión arterial, conductancia de la piel, velocidad del pulso, etc.). Con estas técnicas el paciente puede modificar sus propios estados orgánicos y provocar su normal funcionamiento. El objetivo del biofeedback es conseguir en el sujeto un control voluntario de sus propios estados biológicos sin el uso de instrumentos [24].

8 La amilasa, denominada también ptialina o tialina, es un enzima hidrolasa que tiene la función de digerir el glucógeno y el almidón para formar azúcares simples; se produce principalmente en las glándulas salivares (sobre todo en las parótidas) y en el

páncreas. Tiene un pH de 7. Cuando una de estas glándulas se inflama aumenta la producción de amilasa y aparece elevado su nivel en sangre. Fue la primera enzima en ser identificada y aislada por Anselme Payen en 1833, quien la bautizó en un principio con el nombre de diastasa.

9 Kraepelin se interesaba por el examen clínico de los pacientes psiquiátricos para medir los factores básicos. Los tests contenían operaciones aritméticas simples y medían los efectos prácticos, la memoria y la susceptibilidad a la fatiga y a la distracción.

10 Médico alemán (1818-1896), profesor de fisiología y rector de la Universidad de Berlín. Se dedicó a la electrofisiología y creó una serie de técnicas e instrumentos para el estudio de los impulsos nerviosos. Enunció una ley según la cual la variación de la intensidad del estímulo tiene más influencia sobre

Kraepelin⁹ con un estímulo estresor, confirmando que hay cambios significativos en la actividad de la amilasa salival causados por el estrés [30].

2.6. Diámetro de la pupila

El estudio del diámetro de la pupila empieza con los trabajos de Dubois Reymond¹⁰, en 1849, en los que empleó un flash de luz para determinar la respuesta eléctrica del ojo humano, fenómeno que denominó electroretinograma (ERG). Más tarde, entre 1933 y 1962, Granit¹¹ postuló en su obra la base de la electrofisiología ocular, utilizada en la actualidad [31]. A partir de métodos como la electrooculografía (EOG) y el electroretinograma (ERG), se realizan estudios de la inhibición de estrés por medio del diámetro de la pupila (PD). Un estudio practicado a seis sujetos del sexo masculino (entre 21 y 35 años) realizó la medición de los niveles de estrés a partir de la medición los cambios del diámetro de la pupila, que se procesan en el computador y emplean las mismas condiciones de iluminación; se utilizó además un juego de ordenador basado en el test de Stroop¹², el cual fue diseñado y adaptado para provocar el estrés mental. En el estudio se concluye que el diámetro de la pupila (PD) aumenta su valor medio cuando el sistema autónomo nervioso es estimulado bajo un nivel de estrés [32].

3. Conclusión

Entre los métodos más empleados en la medición del estrés, la medición galvánica de la piel permite obtener de forma sencilla y directa los datos, sin ser un método invasivo para el paciente, comparado con la electromiografía, que emplea electrodos superficiales o intrategumento¹³. Otros métodos,

como la amilasa salival y el diámetro de la pupila, exigen condiciones rigurosas para la toma de muestras y constituyen métodos incómodos para el usuario. En cuanto al volumen de la sangre, aunque el método de la plestimografía facilita su medición, existe alta variación de la tensión arterial y la frecuencia cardiaca entre individuos causada por patologías como arritmias cardiacas, hipertensión arterial, episodios coronarios y cerebrovasculares agudos, lo cual dificulta el análisis de los datos.

Referencias

- [1] European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. *Second European Survey on Working Conditions - Working Conditions in the European Union, 1995-1996*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [2] R. Donatelle y M. Hawkins. "Employee stress claims: Increasing implications for health promotion programs". *American Journal of Health Promotion*, 3 (1989): 19-2.
- [3] F. Manzur y C. O. Arrieta. "Estudio sociológico y del conocimiento de los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares en la Costa". *Revista Colombiana de Cardiología*, 2(3) (septiembre-octubre 2005): 122-128.
- [4] S. Diazgranados, C. González y R. Jaramillo. "Aproximación a las problemáticas psicosociales y a los saberes y habilidades de los docentes del Distrito". *Revista de Estudios Sociales*, 23 (octubre 2006): 45-55. En

línea: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/815/81502305.pdf>

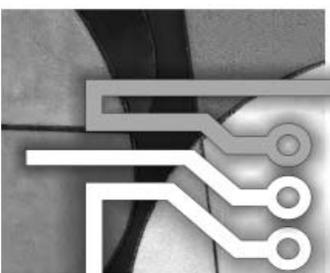
- [5] O. Eduardo. "Historias y concepto de estrés". *Revista Argentina de Clínica Neuropsiquiatría*, 3(1991): 355-360. En línea: http://www.alcmeon.com.ar/1/3/a03_08.htm
- [6] L. Sánchez, G. Pérez y L. Leija. "Medición integral del estrés crónico". *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 25(1) (marzo 2004): 60.
- [7] H. Seyle. *The stress of life*. McGraw-Hill, 1984, p. 515.
- [8] J. Stora. *El estrés*. Presses Universitaires de France, 1991, pp. 3-106.
- [9] D. Pedraza. "Índice de estrés". 2005, p. 4. En línea: http://www.gdv.com.es/estudios_de_usuarios/Dante%20Pedraza%20Indice%20de%20estres.pdf
- [10] F. Labrado. *El estrés. Nuevas técnicas para su control*. Temas de Hoy, 1992.
- [11] D. Meichenbaum y M. Jarenko. *Prevención y reducción del estrés*. Desclee de Brouwer, 1987.
- [12] J. Peiro. "Psicología de la organización". 4 ed. Uned, 1991.
- [13] Y. Salazar. "Caracterización de tejidos cardiacos mediante métodos mínimamente invasivos y no invasivos basados en espectroscopia de impedancia eléctrica". Tesis Ph. D., Universidad Politécnica de Cataluña, Facultad Ingeniería Biomédica, p. 15.
- [14] N. Bermúdez, L. Maldonado y M. Yapur. "Equipo de bioretroalimentación basado en el fenómeno electrodérmico". Tesis de Especialización en Electricidad y Computación, Escuela Superior del Litoral, Facultad de Ingeniería, Ecuador, pp. 4-11, 2003.
- [15] P. Armario. "Estrés, enfermedad cardiovascular e hipertensión arterial". *Anales de Cirugía Cardíaca y Vasculat*, 9(4) (2003): 226-234. Unidad de HTA y Riesgo Cardiovascular Hospital de L'Hospitalet Consorci Sanitari Integral.
- [16] D. Davis. *Interpretación del ECG: su dominio rápido y exacto*. Vol. 1, 4 ed. Madrid: Médica Panamericana, 2007, p. 38.
- [17] B. Falkner, G. Onesti y B. Hamstra. "Stress response characteristics of adolescents with high genetic risk for essential hypertension: a five-year follow-up". *Clinical and experimental hypertension*, 3(4) (1981): 583-591.
- [18] P. Armario et al. "Respuesta de la presión arterial al estrés mental en jóvenes con hipertensión arterial límite o ligera: ¿refleja los cambios de la presión arterial observados durante su monitorización ambulatoria?" *Revista de Medicina Clínica*, 102(17) (1994): 647-651.
- [19] Dr. J. Pérez. "Historia de la hipertensión". *Boletín Oficial de la Sociedad Chilena de Hipertensión*. 1997. En línea: <http://www2.udec.cl/~ofem/revista/revista02/revista1.html>
- [20] E. Puras. *Pletismografía: presiones segmentarias*. Fundación Hospital de Alcorcón, Madrid, pp. 105-127. En línea: <http://www.cdvni.net/cdvni/documentos/guia5pletismografia.pdf>

la excitación de una fibra nerviosa o muscular que el valor de la intensidad en sí (ley de Du Bois-Reymond).

11 Fisiólogo sueco (1900-1991), especializado en el estudio de la fisiología de la visión, descubrió tres clases de conos, especializadas cada una de ellas para una banda del espectro visible (amarillo-verdoso, azul y rojo). Estudió además el supuesto origen común del cerebro y los ojos y la fisiología de la percepción del movimiento. Compartió el premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1967 con Haldan Keffer Hartline y George Wald.

12 El test Stroop consiste en ignorar las palabras e identificar el color, y viceversa.

13 Electrodo que penetra hasta el músculo por medio de agujas.



- [21] S. López y S. Silveira. "Utilidad de la fotopletismografía por transmisión con diodos láser infrarrojos en el estudio de la perfusión visceral: estudio preliminar". *Revista Óptica Pura y Aplicada*, 38(1) (2005).
- [22] A. Jiménez. "Desarrollo de un software de medición del estrés para un dispositivo foto-pletismógrafo basado en el protocolo USB 2.0". M. Sc. Tesis, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, México, 2010.
- [23] R. Álvarez, C. Santos y E. Medina. "Implementación de la electromiografía cuantitativa para el estudio de las enfermedades neuromusculares". *Revista Cubana Médica Militar*, 1(34) (2005).
- [24] L. Fernández, M. P. Pérez, M. A. Fernández, R. Barrero y F. García. "Biofeedback y electroestimulación como tratamiento de la enuresis no monosintomática". Sección de Urología Pediátrica, Servicio de Cirugía Pediátrica, Hospital Infantil Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, pp. 89-91. En línea: <http://www.e-torredababel.com/Psicologia/Vocabulario/Biofeedback.htm>
- [25] R. Cox. *Psicología del deporte: conceptos y sus aplicaciones*. 6 ed. Madrid: Médica Panamericana, 2009, p. 262.
- [26] Y. Amador y M. Pérez. El uso de la bioalimentación en los programas de tratamiento del estrés. 2005. En línea: <http://www.psicologiacienti-fica.com/bv/imprimir-64-el-uso-de-la-biorretroalimentacion-en-los-programas-de-tratamiento-del-estres.html>
- [27] E. Friedrich. "Wirkung des Speichels auf Stärke" (Efecto de la saliva en almidón). *Annalen der Physik und Poggendorff Chemie*, 22(8): 623.
- [28] M. Yamaychi, M. Kanemaru, Y. Mizuno y H. Yashida. "Correlation of stress and salivary amylase activity". *Japanese Journall of Medical Electronic and Biologic Engineering*, 39 (2001): 234-239.
- [29] P. D. Skosnik, R. T. Chatterton Jr., T. Swisher y S. Park. "Modulation of attritional inhibition by norepinephrine and cortisol after psychological stress". *International Journal of Psychophysiology*, 36 (2000): 59-68.
- [30] R. Speirs, J. Herring, W. Cooper, C. Hardy y C. Hind. "The influence of sympathetic activity and isoprenaline on the secretion of amylase from the human parotid gland". *Archives of Oral Biology*, 1(19) (1974): 742-752.
- [31] C. Griñó y O. Martínez. *Electrorretinograma y electrooculograma: actualización y novedades*. Unidad de Electrofisiología Ocular, 1995. En línea: http://www.nexusediciones.com/np_ao_1995_5_1_003.htm
- [32] J. Zhai, A. Barreto, C. Chin y C. Li. "Stress detection in computer users through non-invasive monitoring of physiological signals". *Southeast con Proceedings IEEE*, 2005, pp. 415-420.