

Diseño de un prototipo de medición de postura sedente para docentes

Design of a prototype of measuring the seated posture for teachers

Geyni Arias Vargas¹, Alvaro Hernán Alarcón López², Vladimir Villarreal³, Jonathan Parra Almarío⁴

^{1,2,4} Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA Neiva, Colombia, ³ Grupo de Investigación en Tecnologías Computacionales Emergentes, Universidad Tecnológica de Panamá

¹ geyni.arias@corhuila.edu.co, ² alvaro.alarcon@corhuila.edu.co, ³ vladimir.villarreal@utp.ac.pa, ⁴ jparra@corhuila.edu.co

Resumen— Los diferentes sectores empresariales han considerado a lo largo de los años la seguridad y la salud en el trabajo como uno de los ejes principales de desarrollo de su actividad, que ya gracias a ésta se evalúan de forma constante las condiciones laborales del trabajador. En este sentido, uno de los factores más importantes es el puesto de trabajo así como el confort que éste ofrece al trabajador y como éste está asociado con posturas inadecuadas, sin importar la posición (bípeda o sedente) en la cual se desarrolla la labor. Con la ejecución de actividades repetitivas se pueden ocasionar dolencias en determinadas partes del cuerpo e incluso conducir a trastornos músculo-esqueléticos, a tal punto de desencadenar como consecuencias enfermedades laborales. Esta situación demanda entre otros, realizar la identificación de peligros o factores de riesgo por lo cual se hace indispensable el realizar procesos de monitoreo, con el fin de diseñar un plan de mejoramiento o diseño de controles para la minimización o eliminación de riesgos presentes en los ambientes laborales. De esta forma el presente proyecto de investigación aborda la medición de la postura sedente de los docentes de tiempo completo, con el factor diferenciador del diseño para uso de un prototipo electrónico de monitoreo constante de la posición del educando, siendo insumo para establecer planes de acción a nivel de seguridad y salud en el trabajo.

Palabras claves— Dolencia, posición sedente, posturas, prototipo.

Abstract— Over the years, the different business sectors have considered the health and safety at work as one of the main axes of development of their activity, which thanks to this, the working conditions of the employee are assessed. In this sense, one of the most important factors is the workplace and the comfort that it offers to the worker and is associated with inadequate postures regardless of the position (biped or seated) in which the task is carried out. The execution of repetitive activities can cause different ailments in certain parts of the body and even lead to musculoskeletal disorders, to the point of triggering occupational diseases as a result. This situation demands, among others, the identification of hazards or risk factors whereby it is essential to carry out monitoring processes, in order to design an improvement plan or controls design to minimize or eliminate risks present in the work environments. In this way, the present research project addresses the measurement of the seated posture of full-time teachers with the differentiating factor of the design for use of an electronic prototype of constant monitoring of the lecturer's position, which will be the input to establish action plans at the level of safety and health at work.

Keywords— ailment, postures, prototype, seated position.

1. Introducción

A nivel mundial las enfermedades laborales, incluidas aquellas asociadas con las posturas de trabajo inadecuadas, son una problemática cada vez más grande para las empresas e instituciones relacionadas con el sector salud; prueba de ello son los estudios realizados por entidades tales como la Organización Mundial de

Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT), entre otros. El continente americano no es ajeno a estos inconvenientes y es así como millones de trabajadores de este continente son afectados por diversas enfermedades laborales, tal y como lo afirma OPS (2016) “En las Américas existen

468 millones de trabajadores y aunque el registro de estas patologías es muy bajo, su presencia se considera invisible pues pueden causar enfermedades graves como neumoconiosis, dermatosis, sordera, asma e intoxicaciones, así como dolores lumbares, estrés, depresión y cánceres”.

En este mismo sentido y en relación con las enfermedades asociadas con las estructuras corporales el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo en su VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo y en especial en los Trastornos Músculo Esqueléticos (TME), registra entre otros datos, que según la demanda física del puesto de trabajo por actividad económica en Educación, los docentes reflejan el 36% de TME por estar sentados sin levantarse, por repetición de manos y brazos 48.1% y por adopción de posturas dolorosas o fatigantes un 33.6%. En cuanto a índices de incidencia por sobreesfuerzos según localización de la lesión, se tiene que el mayor porcentaje dado está a nivel de espalda, seguido de hombro, cuello, muñeca y brazo en su orden. En Colombia se puede analizar que según datos de Fasecolda muestran que en 2013 se registraron 10,246 enfermedades laborales calificadas. Las lesiones músculo-esqueléticas representan casi el 90% de trastornos ocasionados como la tendinitis en hombros, codos y manos, síndrome de túnel del carpo y dolores de espalda, con mayor representación. [1]

Los docentes de las Instituciones de Educación Superior (IES), no están exentos de sufrir este tipo de dolencias, debido a que gran parte del tiempo de permanencia en la institución lo dedican al desarrollo de actividades académico-administrativas, para lo cual hacen uso de un computador personal durante sesiones prolongadas en posición sedente.

De tal forma que el presente proyecto de investigación, plantea la necesidad de realizar mediciones de las posturas de los docentes en posición sedente, con el propósito de detectar anomalías en las mismas, a fin de generar alertas tempranas que permitan crear planes de acción y evitar dolencias de tipo muscular o esquelético, que pueden causar dolores extremos y conducir a situaciones de incapacidad que eventualmente afectarían el normal desempeño de la actividad académica de un educando de institución. Estas mediciones se realizarán por medio de un prototipo electrónico que combine sensores de posición, nodos receptores de información y software que permita

analizar los datos recolectados; realizándose un monitoreo constante.

Una vez implementado el prototipo beneficiará en primera medida a los docentes de tiempo completo de una de las sedes de la institución, ya que son la población objetivo del presente proyecto de investigación. Así mismo, los resultados obtenidos podrían ser usados para disminuir los riesgos producidos por los prolongados tiempos de trabajo en posición sedente de los funcionarios administrativos, como también de los educadores y cualquier tipo de personal en las instituciones educativas, entidades públicas y empresas de la región.

2. Materiales y métodos

El tipo de estudio para esta propuesta investigativa, es la no experimental con enfoque descriptivo, debido a que no hay manipulación de variables, éstas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural, no establecen, ni pueden probar, relaciones causales entre variables, al igual reseña las características de un fenómeno existente. Este tipo de estudio se aplicó especialmente para la primera fase de diagnóstico.

2.1 Población y muestra

Teniendo en cuenta la muestra poblacional propuesta para el desarrollo del estudio, se aplicaron 38 encuestas de los 43 docentes de tiempo completo que trabajan gran parte de su tiempo en posición sedente. Como instrumento se tuvo en cuenta la aplicación de una encuesta extractada del cuestionario Nórdico desarrollado por el Kuorinka y colaboradores. [2], [3]

2.2 Fases de la investigación

Para el desarrollo de este proyecto se cumplieron tres fases: diagnóstico inicial sobre los riesgos asociados y sintomatología presentada, el diseño del prototipo y por último, la formulación del plan de acción.

3. Resultados

Una vez realizado el diagnóstico inicial sobre los riesgos asociados y sintomatología presentada, se encontró:

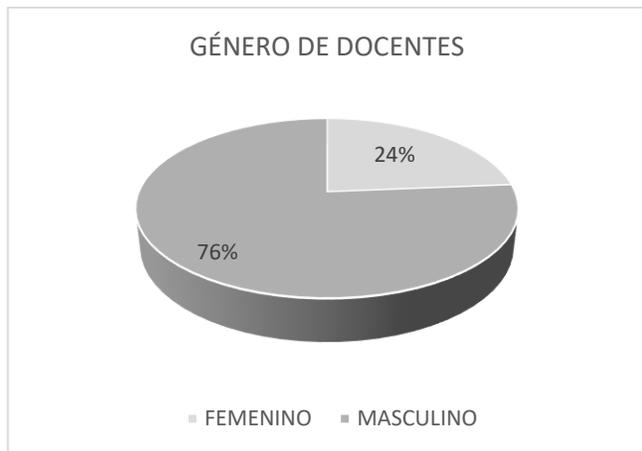


Figura 1. Clasificación según género de docentes encuestados. Fuente: los autores.

En la figura 1, se muestra que el género que predomina en la facultad de ingeniería son los hombres con el 76% dentro de la planta de personal docente.

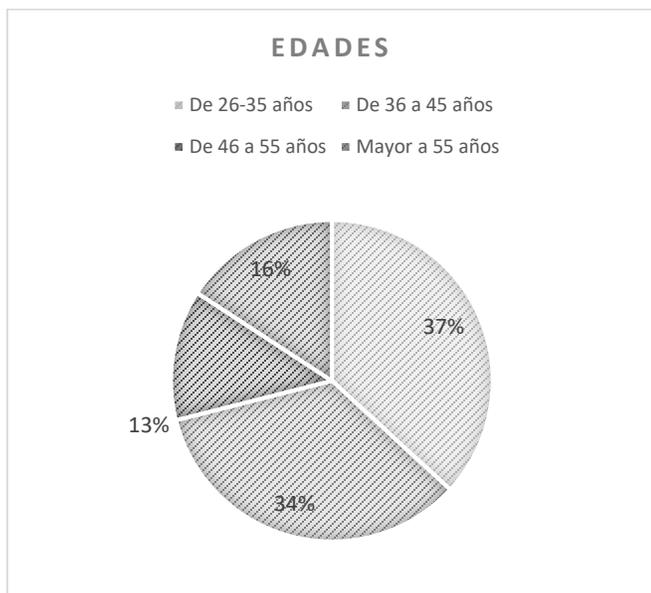


Figura 2. Clasificación según edad de los docentes encuestados. Fuente: los autores.

Según la figura 2, la edad predominante en los docentes es de 26 a 35 con una participación del 37% y le sigue en su orden en edad de 36 a 45 años con un 34% y el 29% con edades que superan los 45 años. Esto muestra que el 63% de los docentes tienen edades entre los 26 y los 45 años. Factor de riesgo para patologías osteomusculares.

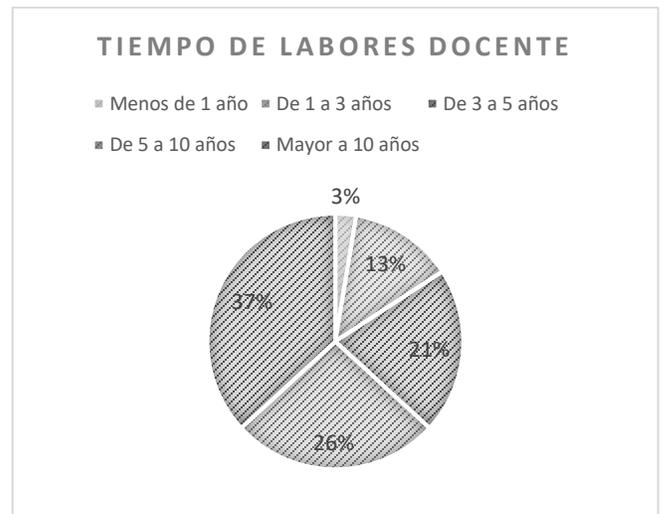


Figura 3. Clasificación según el tiempo de labores de docentes. Fuente: los autores.

Continuando con la figura 3, muestra que la experiencia en la labor docente predomina el 37% con más de 10 años, en su orden de 5 a 10 años el 26% y de 3 a 5 años el 21%. Mostrando estos resultados que a mayor tiempo de exposición en labores repetitivas y o posturas estáticas, se pueden padecer trastornos musculoesqueléticos.

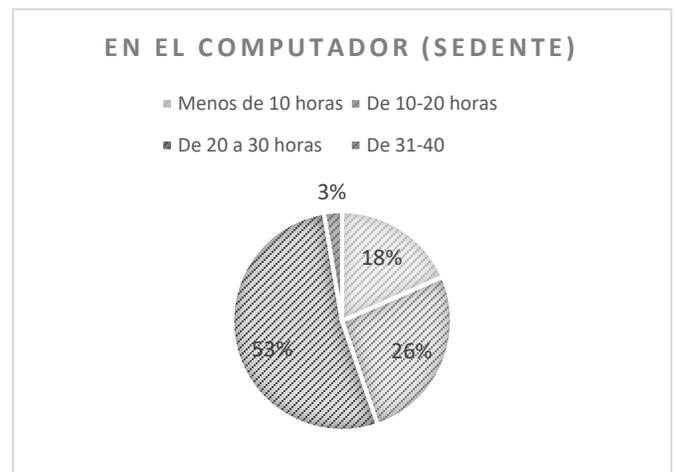


Figura 4. Porcentaje según el tiempo en postura sedente. Fuente: los autores.

Con base en la figura 4, el 53% de los docentes laboran en posturas sedentes (sentado) con dedicación de 20 a 30 horas por semana y el 26% con dedicación de 10 y 20 horas por semana. Es importante resaltar que la

posición más habitual de los docentes se encuentra la postura sedente con el 68% de participación. Esto muestra que existen factores que contribuyen al desarrollo de TME como el caso de trabajos repetitivos y posturas estáticas, favoreciendo la ocurrencia de trastornos a nivel de extremidades superiores, cuello y espalda, con mayor esfuerzo a nivel de los músculos que se comprometen. [4].

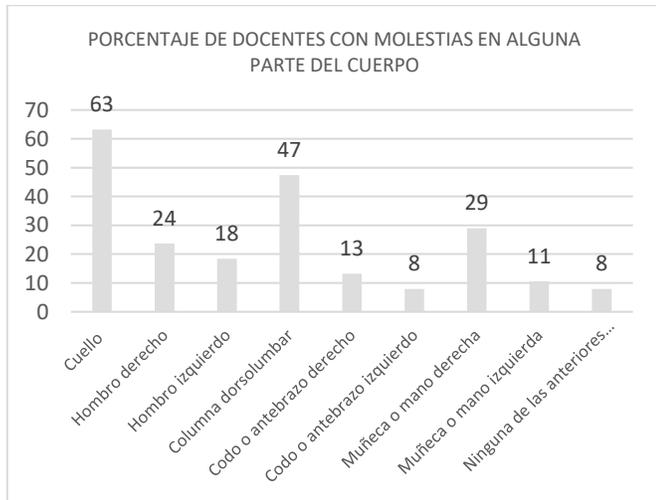


Figura 5. Clasificación del porcentaje de docentes con molestias en alguna parte del cuerpo. Fuente: los autores.

En relación con las molestias que padecen los docentes, según la figura 5, existen dolencias a nivel de cuello, hombros, columna dorso lumbar, codos y mano – muñecas. Es preocupante resaltar que con base en estos resultados existen molestias a nivel de cuello con mayor participación del 63%, del 47% con dolor a nivel de columna dorso lumbar, molestias a nivel de mano o muñeca derecha un 29%, hombro derecho un 24%, hombro izquierdo 18%, porcentajes importantes. Sin embargo se tienen otras molestias a nivel de codo o antebrazos derecho e izquierdo con predominio derecho del 13%, y mano muñeca izquierda.

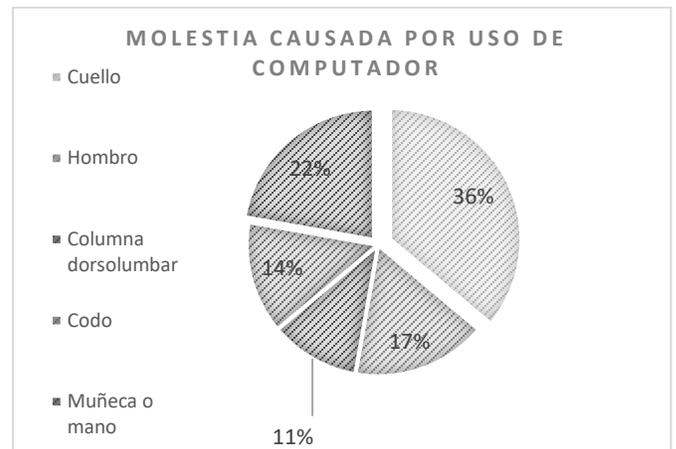


Figura 6. Clasificación de molestia causada por uso de computador. Fuente: Los autores.

Por otra parte en la figura 6, las posibles causas a las que se atribuyen los dolores o síntomas osteomusculares de los docentes, se resalta el uso del computador (incluyendo uso del mouse) con un 36% que favorece el dolor de cuello, un 22% para la mano o muñeca, el 17% para el dolor de hombro, el 14% para el dolor de codo y el 11% para el dolor de columna dorso lumbar.

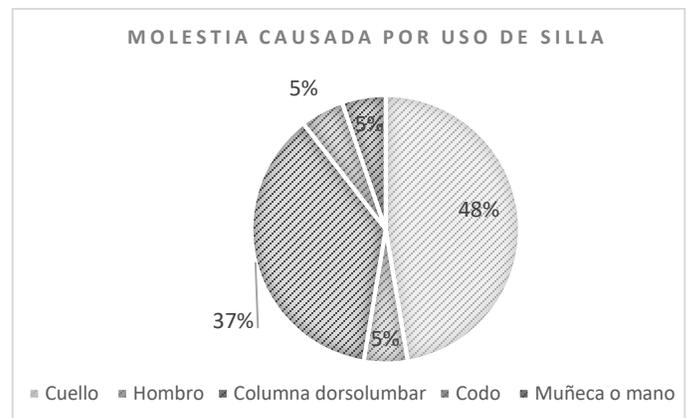


Figura 7. Clasificación de molestia causada por uso de silla. Fuente: los autores.

En cuanto a la posible causa por uso de silla, entre otras, según la figura 7, con una participación en su orden del 48% para el dolor de cuello, el 37% para la columna dorso lumbar, y en su orden un 5% para codo, mano muñeca y hombro.

Con base en los resultados obtenidos en la fase uno de diagnóstico, es importante resaltar que prevalece en orden jerárquico el dolor en el cuello, hombro derecho,

codo o antebrazo derecho, y columna dorso lumbar. Por tanto para el diseño del prototipo de medición de postura sedente de los docentes, se tomaron en cuenta los siguientes puntos de control:

Cuello: Un sensor de proximidad con el propósito de realizar seguimiento a la posición y los movimientos.

Hombro derecho: Un sensor de proximidad con el propósito de realizar seguimiento a la posición y los movimientos.

Codo o antebrazo derecho: Un sensor de proximidad con el propósito de realizar seguimiento a la posición y los movimientos.

Zona de la columna dorso lumbar o espalda baja: sensor de contacto o presión con el propósito de realizar seguimiento a la posición y los movimientos.

Continuando con la fase dos, en el diseño del prototipo se tuvo en cuenta los siguientes insumos:

Sensor de proximidad: Una vez seleccionados los puntos de medición así como el tipo de sensor a utilizar, se procede a realizar la búsqueda del dispositivo comercial adecuado para el desarrollo del proyecto. De tal forma que se selecciona el Sensor de Ultrasonido HC-SR04 como alternativa para la detección de movimiento para los puntos de cuello, hombro derecho, antebrazo derecho, este dispositivo tiene la capacidad de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 a 450 cm. Además es de fácil uso a través del pulso de arranque y la medición de la anchura del pulso de retorno, bajo consumo, gran precisión y bajo precio, como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Sensor de Ultrasonidos HC-SR04. Fuente: <http://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>

Sensor de presión: Debido a las particularidades del proyecto, como son la instalación de sensores en una silla, se optó por el uso de sensores simples de presión a través de pulsadores sencillos que brindarán señales de activación y desactivación del mismo (uno y cero lógicos).

Tarjeta de procesamiento: Los datos provenientes de los sensores se deben recopilar por medio de un dispositivo electrónico que a su vez reenvíe las señales al terminal recolector de datos para el posterior análisis de los mismos.

El hardware seleccionado para esta labor fue la tarjeta de desarrollo Arduino Uno R3 (figura 9), ésta permite realizar una configuración rápida y sencilla del sistema de recolección y transmisión de la información, además de un costo bajo.



Figura 9. Placa Arduino usada en el prototipo.

Fuente: <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=295965.0>

Se selecciona además una tarjeta de comunicación, esta tarjeta debido a su pre configuración de fábrica para trabajar como maestro o esclavo, lo cual lo hace ideal para el desarrollo del prototipo. De esta forma a través del primer modo de funcionamiento puede conectarse con otros módulos bluetooth, como en este caso. Además es ideal para aplicaciones inalámbricas, fácil de implementar con PC, microcontrolador o módulos Arduinos. A continuación se puede observar la interconexión con la tarjeta de procesamiento de datos.

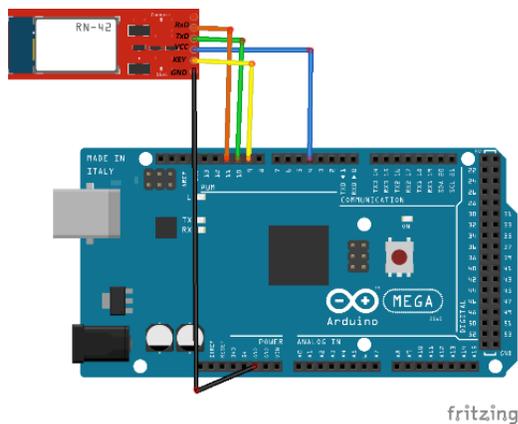


Figura 10. Módulo Bluetooth HC-05 usada para el diseño del prototipo. Fuente: los autores.

Una vez seleccionados los sensores, la tarjeta de procesamiento y el módulo de transmisión de datos, Posteriormente se complementa el diseño funcional el cual se perfecciona el esquema con la incorporación del ordenador el cual almacenará la información en una base de datos para su posterior análisis (figura 10). En la figura 11, se observa el diseño a través de un diagrama de bloques sencillo.

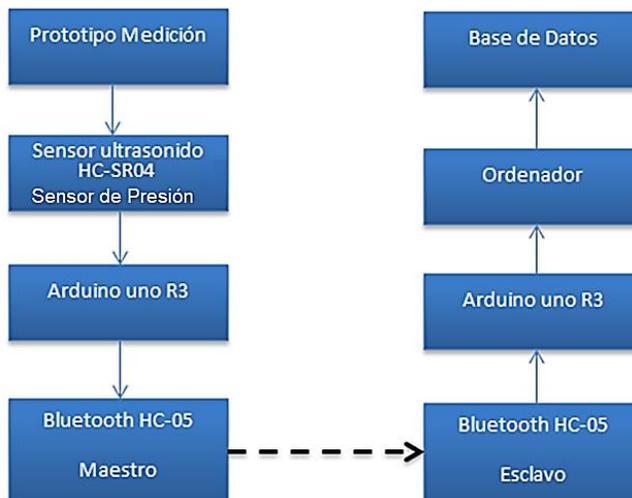


Figura 11. Diagrama de bloques de diseño tecnológico propuesto. Fuente: los autores.

Se seleccionan dos sensores tipo pulsador, los cuales estarán normalmente activos (espalda recta) y se desactivarán con los movimientos de la misma. Uno se ubicará en la parte superior de la silla con el propósito de capturar posibles inclinaciones de la parte dorsal de la columna del educador y otro en la parte inferior a fin de

detectar movimiento de la zona lumbar. Los pulsadores no interfieren con el confort de docentes, además la señal proveniente de estos se envía de forma alámbrica al Arduino.



Figura 12. Ubicación de Sensor. Fuente: <https://i.linio.com/p/b48a73a5e12567e8d6a42713474d0f2e-product.jpg>

En cuanto a la arquitectura del software, se tuvo en cuenta para la programación el uso de HTML5 con el propósito de estructurar y presentar contenido en la World Wide Web de la aplicación, así mismo se usa CSS3 para definir el estilo y apariencia de la misma. Como lenguaje de programación se selecciona Javascript ya que permite crear acciones y ser incorporado en cualquier página web, además de la facilidad de ejecución sin la necesidad de instalar otro programa para ser visualizado.

4. Conclusiones

Una vez realizado el diagnóstico de síntomas osteomusculares presentes en los docentes, se pudo concluir que en el desarrollo de funciones propias de la labor docente, prevalecen las posturas estáticas, con trabajos repetitivos, trabajos prolongados que generan en algunos casos la contracción prolongada y en otros casos, la poca actividad por la adopción de posturas sedentes, limitando el reflujo sanguíneo debido a la debilitada contracción de músculos, y el esfuerzo muscular estático, provocando fatiga muscular con mucho dolor y otros efectos. Sumado a esto, es importante tener en cuenta que la inactivación muscular, de los tendones y de los huesos, inhabilita su estructura física y funcional. [4]

Igualmente considerando los resultados obtenidos en el presente estudio, los docentes laboran habitualmente

con la posición sedente el 68% (con duración de 20 a 30 horas semanales y realizando trabajos repetitivos como la digitación de textos), el 82% trabaja con su mano derecha (dominante), y postura bípeda el 32%. Estos datos están estrechamente relacionados con el padecimiento de dolores osteomusculares a nivel de extremidades superiores, dolor de cuello, columna dorsolumbar, hombro, codo, mano y muñeca derecha. Realizando un comparativo con los resultados obtenidos en la II encuesta nacional, las afecciones dolorosas de origen músculo-esquelético, coincidentalmente se refiere tener dolor lumbosacros, zona media dorsal, zona cervical, miembros superiores e inferiores, hombro y muñecas, con porcentajes importantes que se asocian con la prevalencia e incidencia de enfermedades laborales del sistema osteomuscular.

La población objeto del estudio refiere que los factores causales de dolores osteomusculares presentes, se atribuyen al uso del computador y mouse, como a las posturas adoptadas en la realización de tareas repetitivas y sedentes.

Conviene subrayar que la fatiga muscular es “la disminución de la capacidad física del individuo, después de haber realizado un trabajo, durante un tiempo determinado”, provocada por el trabajo estático e isométrico, de tal forma que favorece la compresión de los vasos sanguíneos y como consecuencia la acumulación de ácido láctico. A diferencia de los trabajos dinámicos las contracciones facilitan el flujo sanguíneo permitiendo la irrigación sanguínea y el aporte del oxígeno. [5]

Siendo los trastornos musculo-esqueléticos una de las principales causas de ausentismo laboral y por ende de aumento en sus costos tanto directos o indirectos a causa de incapacidades, tienen la tendencia a producir enfermedades osteomusculares como la epicondilitis, bursitis, síndrome del túnel carpiano, dolores lumbares y dorsales, cansancio y agotamiento físico y psicosocial; dando como resultado la disminución de la calidad de la salud y una baja productividad para la organización como para el mismo trabajador. Es decir, se puede concluir que los trabajos repetitivos son directamente proporcionales a la incidencia y prevalencia de sufrir lesiones o daños a nivel osteomuscular. [6]

Por otra parte según el INSHT en España, es importante tener en cuenta que dentro de los factores multicausales para la aparición de afecciones músculo-esqueléticas están los trabajos repetitivos con ciclos de trabajo menores a 30 segundos por ciclo, lo cual implica una fuerza manual que aumentan la aceleración angular

de la muñeca, su tensión y por ende la fuerza transmitida a los tendones de las mismas. [5]

El diseño del prototipo presentó varios desafíos, como fue la selección de los puntos de medición de la postura sedente, así como la selección de los sensores adecuados; esto debido a que una mala selección de los mismos podría acarrear en errores de la toma de datos, por tanto se hizo necesario un análisis detallado de las encuestas realizadas e fin de obtener los puntos críticos a monitorear y por ende para su posterior aplicación. Finalmente es conveniente resaltar que de acuerdo con la Guía Técnica para el Análisis de Exposición a Factores de Riesgo Ocupacional del Ministerio de Protección Social, es importante continuar con la evaluación de los riesgos laborales en prevención, incluyendo cuatro etapas así: a) la identificación de los peligros, b) la jerarquización de los riesgos, c) el control de los riesgos, y d) el plan de acción para la prevención. [7].

Como complemento y una vez practicados los exámenes ocupacionales, las empresas deben realizar la valoración médica individual a los trabajadores que han sido clasificados como susceptibles por presencia de condiciones individuales de riesgo y, a aquellos trabajadores definidos como sintomáticos, se deben considerar como casos probables y practicarles valoración médica específica. [8].

5. Agradecimiento

Agradecemos al Dr. Vladimir Villarreal y a la Universidad Tecnológica de Panamá por sus asesorías y transferencia de conocimiento y por la financiación del proyecto a la Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA.

6. Referencias

- [1] Prevencionar.com, «Sánchez, Toledo y Asociados.» 16 01 2018. [En línea]. Available: <http://prevencionar.com.co/2015/10/07/enfermedades-mas-comunes-en-los-trabajadores-colombianos/>.
- [2] A. P. Dawson, E. J. Steele y P. W. H. & a. S. Stewart, «Development and test-retest reliability of an extended version of the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ-E): a screening instrument for musculoskeletal pain,» *The Journal of Pain*, vol. 10, n° 5, pp. 517-526, 2009.
- [3] I. Kuorinka, B. Jonsson, A. Kilbom, H. Vinterberg, F. Biering-Sørensen y G. A. & K. Jørgensen,

- «Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms,» *Applied Ergonomics*, vol. 18, n° 3, pp. 233-237, 1987.
- [4] OMS, «PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOSQUELÉTICOS EN EL LUGAR DE TRABAJO,» 15 01 2018. [En línea]. Available: http://www.who.int/occupational_health/publications/en/pwh5sp.pdf?ua=1.
- [5] UNIR, Medicina del Trabajo, Ergonomía y Psicología Tomo III, La Rioja España: Unir, 2014.
- [6] G. A. Vargas, «ESTUDIO DE PUESTO DE TRABAJO CON METODOLOGÍA RULA A DOCENTES USUARIOS DE PVD- PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS,» Neiva Huila, 2016.
- [7] Ministerio de la Protección Social, «Fondo de Riesgos Laborales,» 23 01 2018. [En línea]. Available: <http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/Publicaciones/Guias/GUIA-TECNICA-EXPOSICION-FACTORES-RIESGO-OCUPACIONAL.pdf>.
- [8] MinProtección Social, «(GATI-DME),» 24 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/GATISO-DESORDENES%20MUSCULARES%20ESQUELETICOS.pdf>.
- [9] «V. Velasco and A. Mauricio, "Estudio de la agricultura de precisión enfocado en la implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) para el monitoreo de humedad y temperatura en cultivos – caso de estudio hacienda Cabalinus ubicada en la provincia».
- [10] INSHT, «Trastornos Musculo Esqueléticos en el Ambito Laboral en Cifras,» 01 11 2012. [En línea]. Available: <http://www.oect.es/Observatorio/5%20Estudios%20tecnicos/Otros%20estudios%20tecnicos/Publicado/Ficheros/EI%20TME%20en%20el%20C3%A1mbito%20laboral%20en%20cifras.pdf>.
- [11] Mintrabajo- OISS, 24 01 2018. [En línea]. Available: http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/publicaciones/encuestas/II_ENCUESTA_NACIONAL_CONDICIONES_SST_COLOMBIA_2013.pdf.
- [12] OIT, «Organización Internacional del Trabajo,» 26 01 2017. [En línea]. Available: <http://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang--es/index.htm>.
- [13] OMS, «Centro de Prensa, Organización Mundial de la Salud,» 17 01 2018. [En línea]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>.
- [14] O. Mintrabajo, 19 01 2018. [En línea]. Available: http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/publicaciones/encuestas/II_ENCUESTA_NACIONAL_CONDICIONES_SST_COLOMBIA_2013.pdf.
- [15] OISS, «II Estrategia Iberoamericana de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020,» 20 01 2018. [En línea]. Available: <http://www.oiss.org/estrategia/IMG/pdf/EISST-2015-2020.pdf>.
- [16] Ministerio del Trabajo, «Afiliados, ATEL en Colombia 2016,» 20 01 2018. [En línea]. Available: <http://cifooiss.co/mintrabajo2017/afiliados-accidentes-de-trabajo-y-enfermedad-laboral-en-colombia-en-2016/>.