08-009

ANALYSIS OF THE INTERIOR ENVIRONMENT QUALITY IN A UNIVERSITY TEACHING BUILDING

Otero Mateo, Manuel⁽¹⁾; Pastor Fernández, Andres⁽¹⁾; Cerezo Narváez, Alberto⁽¹⁾; Baeza Carmona, Jesus⁽¹⁾

(1)Universidad de Cádiz

As reflected in the "6th National Survey of Working Conditions in Spain" published in March 2017, one of the most marked risks for workers are high and low temperatures (36% and 25% of workers, respectively), since 2010 the exposure to situations of thermal stress has increased significantly, from 26% to 36%, starting from this situation and applying the current regulations on the prevention of occupational hazards (RD 486/97), the research project of the University of Cádiz 20INPR0180, with the objective of evaluating and designing an action plan focused on the environmental conditions of the jobs. One of the main deliverables of this research project is the development of a collection system supported by TICs, for a more efficient evaluation of the internal environmental parameters (temperature, humidity, air speed and CO2 concentration), with the objective to identify trends and prevent health problems related to the quality of the indoor environment. The work details the results of application in the university environment, classrooms and laboratories of the School of Engineering of Cádiz, in order to be extrapolated to industrial environments.

Keywords: environment quality; TIC; University; work places; trend analysis; risk prevention

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AMBIENTE INTERIOR EN UN EDIFICIO DOCENTE UNIVERSITARIO

Tal como refleja la "6º Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo en España" publicada en marzo de 2017, uno de los riesgos más señalados por los trabajadores son las altas y bajas temperaturas (36% y 25% de los trabajadores, respectivamente), además desde 2010 la exposición a situaciones de estrés térmico ha aumentado significativamente, pasando del 26% al 36%, partiendo de esta situación y aplicando la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales (RD 486/97), se está desarrollando el Proyecto de Investigación de la Universidad de Cádiz 20INPR0180, con el objetivo de evaluar y diseñar un plan de actuación centrado en las condiciones ambientales de los puestos de trabajo.

Uno de los objetivos principales de este proyecto de investigación, es el desarrollo de un sistema de captación soportado por TICs, para una evaluación más eficiente de los parámetros ambientales interiores (temperatura, humedad, velocidad del aire y concentración de CO2), con el objetivo de identificar tendencias y poder prevenir problemas de salud relacionados con la calidad del ambiente interior.

El trabajo detalla los resultados de aplicación en el ámbito universitario, aulas y laboratorios de la Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz, con el fin de ser extrapolados a entornos industriales.

Palabras clave: calidad ambiental; TIC; Universidad; lugares de trabajo; análisis de tendencia; prevención de riesgos

Correspondencia: Manuel Otero Mateo; manuel.otero@uca.es

1. Introducción

Tal y como refleja la "6ª Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo en España", publicada en marzo de 2017, uno de los riegos reconocidos por los trabajadores son las altas y bajas temperaturas que soportan. Desde el año 2010 ha aumentado la exposición a situaciones de estrés térmico, que ha pasado de un 26% a un 36% de la población trabajadora. La Estrategia Andaluza de Seguridad en el Trabajo 2017-2020 propone como principal objetivo mejorar las condiciones de trabajo y la calidad de vida laboral de las personas trabajadoras, promoviendo en el entorno laboral la seguridad y la salud de los trabajadores, buscando la reducción de los accidentes y enfermedades profesionales, entre las que cabe destacar aquellas relacionadas con los trastornos músculo-esqueléticos (TME). Además, tal como se muestra en la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020 (INSHT, 2015a), esta mejora de las condiciones laborales reducirá el coste derivado de los accidentes y enfermedades profesionales, impulsando el crecimiento económico y la creación de empresas, propiciando así la generación de empleo y una notable mejora en la calidad de vida de las personas trabajadoras.

En este trabajo se muestran los avances parciales de los estudios ergonómicos (Otero-Mateo et al., 2017) desarrollados por el grupo de investigación TEP-955, ingeniería y tecnología para la prevención de Riesgos Laborales (IN-TELPREV), de carácter multidisciplinar, formado por personal docente e investigador (PDI) de la Universidad de Cádiz y de investigadores Doctores y titulados superiores pertenecientes a entidades públicas y empresas privadas de la Comunidad Autónoma de Andalucía

Para evaluar y mejorar las condiciones ambientales, se ha desarrollado un estudio a partir de los datos climatológicos (temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, psicrometría y cantidad de CO₂ en aire) obtenidos mediante equipos de medidas certificados por la UE y calibrados bajo las directivas 2004/108/CE y EN 61010-1. Para el estudio de análisis de los puestos de trabajo se está diseñando un sistema de captación de datos no invasivo y soportado por las Tecnologías de la Información (TIC) que permite obtener una identificación más rápida y exacta de los riesgos laborales., fundamentalmente los relacionados con los TME.

2. Antecedentes

Existen indicios que en la antigua Grecia se aplicaban criterios ergonómicos de diseño en las herramientas de trabajo, y en la época de Ramazzini (1633-1714) se empezaron a estudiar las enfermedades profesionales relacionadas con las condiciones de trabajo. Dentro del mundo de la prevención, se puedan diferenciar tres grandes campos; la seguridad en el trabajo, la higiene industrial y la ergonomía y psicología aplicada al trabajador. El trabajo que se presenta está enmarcado entre la higiene y la ergonomía del trabajador.

En 1948, con la creación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se emprendió el camino hacia la gestión internacional de las políticas de prevención, promoción e intervención de la salud y en 1961 se funda la Asociación Ergonómica Internacional (IEA) con el objetivo de mejorar la salud y la productividad del trabajador. Casi tres décadas después, en 1989, se crea en España la Asociación Española de Ergonomía, que en 1997 promovió la disciplina de especialista en el ámbito de prevención. Esta nueva disciplina se centra en el análisis de los puestos de trabajo y en la adaptación de equipos, máquinas y otros utensilios a la persona trabajadora, como ya sugerían (Murell, 1971), "La Ergonomía es el estudio del ser humano en su ambiente laboral", y (Singleton, 1972) "Interacción entre el hombre y las condiciones ambientales".

En el ámbito europeo se dio un gran paso en esta gestión mediante la directiva europea 89/391/CEE (Unión Europea, 1989), transpuesta al derecho español en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995. En dicha ley quedan recogidos los derechos y deberes de los trabajadores y empresarios y, además, se promueven las condiciones de la salud, definida como "un estado completo de bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades", concepto de salud, alineado con la definición de la Organización Mundial de la Salud (1985) "la capacidad que tiene el ser humano para desarrollar el propio potencial personal y responder positivamente a los retos del ambiente o entorno".

Por otro lado, hay que mencionar las enfermedades profesionales en España, las cuales se encuentran ubicadas dentro de un marco cerrado y actualizado en 2006 por el Real Decreto 1299/2006, basado en la Lista Europea de Enfermedades Profesionales y en el que se establece que el único que puede descubrir un nuevo riesgo laboral es el médico. Su análisis es realizado también por el Ministerio de Empleo y Seguridad Social, con el apoyo del Observatorio de Enfermedades Profesionales (CEPROSS) y de Enfermedades causadas o agravadas por el Trabajo (PANOTRATSS) (España, 2015).

El Real Decreto 1299/2006 subdivide las enfermedades profesionales en seis grupos, dentro de los cuales existe uno dedicado al entorno físico, en el que se identifican las enfermedades que originan trastornos músculo-esqueléticos, intención de este proyecto. Es decir, la vigilancia de la salud constituye una "actividad básica del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales" (Ruiz-Frutos, 2004).

En el presente trabajo se muestran los avances relacionados con una de las líneas de investigación del grupo TEP-955, concretamente se trata de las mediciones y análisis de indicadores vinculados a las condiciones de trabajo, apoyados en las nuevas tecnologías. Puesto que la calidad del aire en interiores (IAQ, de sus siglas en inglés, "Indoor Air Quality") es uno de los aspectos más decisivos en la calidad ambiental (Wong et al, 2008), solo precedido por el confort térmico, se ha buscado analizar el bienestar de las personas, no solamente en los lugares, sino también en laboratorios de enseñanza-aprendizaje que reproducen las condiciones laborales, donde se han llevado a cabo las mediciones de esta investigación como es el Centro de Metrología Industrial de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Cádiz (ESI). Estas instalaciones se rigen bajo la norma internacional ISO/IEC 17025 (ISO, 2005a) y sus condiciones ambientales cumplen diferentes estándares (ANSI, 2003; CNRC, 2003; ISA, 2006; National Academy Press, 2000; National Physical Laboratory, 1998; NIST, 2003; NIST, 2004; UKAS, 2001) recogidos de amplia manera en la publicación dedicada al diseño de laboratorios (Griffin, 2005) y en laboratorios de enseñanza-aprendizaje taller de máquinas CNC' y el taller de soldadura de la ESI. Con anterioridad, demostraron estudios en escuelas (Griffiths & Eftekhari, 2008) en las que la concentración de CO2 encontrado era el principal parámetro indicativo para la calidad del aire, teniendo efectos nocivos para la salud del alumnado y el profesorado (Earthman, Cash & Van Berkum, 1996 y Norbäck, Nordström & Zhao, 2013). La calidad del aire también dependerá de los materiales de construcción del edificio y del entorno donde se encuentren ubicadas las instalaciones (Mendell, Eliseeva, Davies, et al., 2013, y Smedje, Mattsson & Walinder, 2011). Esto también queda reflejado en una tendencia importante de investigación en los últimos veinte años para diseñar edificios que se adapten al confort térmico de sus ocupantes y la reducción del impacto del CO₂ (De Dear et al., 2013 y Mishra & Ramgopal, 2013).

Entre las metodologías tradicionales para llevar a cabo estudios ergonómicos que analizan los riesgos que causan la aparición de los TME, podemos destacar el método de Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) (Karhu, Kansi & Kuorinka, 1997), que es de referencia para el análisis de la fatiga física en los puestos de trabajo, así también se encuentran otros métodos específicos para partes del cuerpo, así como el denominado Rapid

Upper Limb Assessment (RULA) (McAtamney & Nigel, 1993), o el método Rapid Entire Body Assessment (REBA) (Hignetta & McAtamney, 2000), para aplicación a posturas forzadas.

Gracias al método OWAS se ha podido estudiar diferentes configuraciones posturales en ámbitos industriales (Karhu, Kansi & Kuorinka, 1997), logrando identificar y clasificar la gravedad de los riesgos ergonómicos asociados a las diferentes tareas realizadas por el trabajador. Aquí es donde aparece el principal problema para la evaluación de riesgos, ya que este, junto a los otros métodos, está afectado por la subjetividad del técnico de prevención en la identificación del ángulo postural por su influencia en el valor asignado a cada postura condicionando la relevancia del riesgo, además por el tiempo de muestreo, puesto que se necesita la observación continuada, con una dificultad elevada al realizarla en los casos en los que se desempeñen actividades con diferentes movimientos continuados y no repetitivos.

Por estos motivos, se ha pueden usar sistemas basados en las TIC con sistemas autónomos sustentados por el trabajador, entre los que cabe destacar, el estudio de Valero et al., específico en el sector de la construcción (Valero et al., 2016), que propone un sistema de monitoreo inalámbrico portátil incorporado al sujeto para conseguir verificar la efectividad del método con la integración de las TIC relacionadas con los TME. A día de hoy, para solucionar este problema existen en el mercado algunos componentes de bajo coste que han sido elegidos por los profesores Diego-Mas y Alcaide-Marzal (2014) con la intención de que el trabajador no porte ningún sistema en su cuerpo y además no se sienta observado por alguna persona. Este sistema, compuesto por la cámara Kinect de Microsoft para la observación y evaluación de las posturas de trabajo, ha sido validado con anterioridad por Clark et al. (2012). Mencionar también los dos estudios que se incluyen en la revisión metodológica realizada por el Dr. Pimentel do Rosario (2014) en su estudio de revisión de los actuales métodos de evaluación biomédica de las posturas que realiza el ser humano, alineados con las tecnologías antes mencionadas.

La utilización del sensor Kinect de Microsoft ha sido un hito de gran importancia para la ergonomía laboral llevado a cabo los profesores Diego-Mas y Alcaide-Marzal (2014) y mediante el complemento con sensores que analicen las condiciones ambientales, se proporcionará una visión global e integradora del diseño del puesto de trabajo desde el punto de vista preventivo.

3. Objetivos

Los objetivos específicos de la investigación que se presentan en este trabajo son los siguientes:

- Identificación de parámetros físicos asociados a las condiciones ambientales del puesto de trabajo, así como categorización de las actividades desempeñadas por los trabajadores en el laboratorio de metrología industrial de la empresa SAICA S.L. y en los laboratorios de enseñanza-aprendizaje, taller de máquinas CNC y el taller de soldadura y el Centro de Metrología Industrial.
- Determinación de los elementos necesarios para el diseño básico de un sistema de captación no invasivo de bajo coste.

En el actual trabajo se analizan las condiciones ambientales que se dan en los lugares especificados y que afectan directamente al puesto de trabajo de las personas que se encuentren en ellos, con objeto de fomentar la mejora de las condiciones laborales.

4. Metodología y caso de estudio

En la investigación que se presenta, se han realizado las siguientes tareas:

- Revisión bibliográfica de las condiciones ambientales en los lugares de trabajo, en especial técnicas de muestreo.
- Medición de factores ambientales existentes en los laboratorios de enseñanzaaprendizaje, taller de máquinas CNC y el taller de soldadura y el Centro de Metrología Industrial y la empresa SAICA S.L., aplicando técnicas de muestreo manuales.
- Análisis crítico y relación entre factores ambientales y condiciones de trabajo, identificados en base a la revisión bibliográfica para delimitar el rango de trabajo de los sensores a seleccionar, así como variables necesarias de adquisición por el sistema ergonómico.

En el proceso de análisis de condiciones ambientales, tanto en los laboratorios de la empresa SAICA como en los talleres de máquinas CNC y soldadura, se han realizado mediciones en base al RD 486/1997, sobre la humedad relativa, temperatura del aire, velocidad, así como otros factores relacionados (psicrometría y cantidad de CO₂ en aire). Por medio de un equipo HQ 210 (Kimo® Instruments) certificado QEH1700362 y sus sondas de medición correspondientes, sonda SHR 110 certificación QEH1700362 (sonda temperatura/higrometría en ABS) y sonda certificada con NEM1700592 SCOH 112 (sonda de temperatura/higrometría/CO₂). La interpretación de los distintos parámetros medidos se ha llevado a cabo mediante el software específico de (Kimo® Instruments Datalogger), identificadas en la imagen 1.

Por otro lado, para la observación y valoración de las diferentes posiciones o posturas adoptadas para las actividades desarrolladas en los laboratorios, se ha utilizado como hardware la cámara Kinect XBOX 360 de Microsoft conectada a un pc y como software el programa Ergonautas-NUI facilitado por la Universidad de Valencia, tal y como se muestra en la imagen 2.



Imagen 1. Equipo HQ 210 y sondas SHR 110, SCOH 112

Construction for the state of t

Imagen 2. Kinect XBOX360 Microsoft y Ergonautas NUI

Nota: mediante el programa ergonatuas-NUI se evalúan los movimientos asociados a la tarea realizada por el método OWAS que lleva programado y se le asigna un valor en función del riesgo asociado a cada movimiento.

En cada laboratorio se llevan a cabo las diferentes actividades; en el taller de máquinas CNC se han analizado la utilización de tornos, mecanizado por control numérico, corte chorro de agua, trabajos de plegado y en el taller de soldadura, fundiciones y trabajos con diferentes tipos de soldadura, como se muestra en la imagen 3.



Imagen 3. Taller de Máquinas CNC (AS05) y Taller de Soldadura (AS06)

Para tener una mayor exactitud de los cambios producidos en los diferentes parámetros medidos se ha realizado una malla (matriz cuadrada) sobre el plano de los laboratorios, en los cuales se ha tomado una medida en cada intersección de la cuadrícula, plasmado en la figura 1.

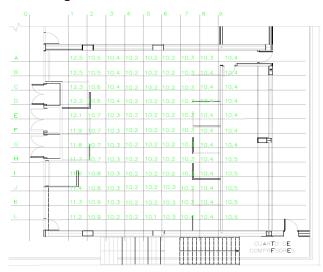


Figura 1. Plano Taller del Soldadura

5. Resultados

Los resultados de valor ambiental obtenidos han sido comparados con los estándares definidos en el RD 486/1997 y normativa específica sobre diseño de instalaciones térmicas "Evaluación del Bienestar térmico en locales de trabajo cerrados mediante los índices térmicos PMV y PPD" (Armendáriz, 2001), figura 2.

R.D. 486/97 L.T Humedad relativa (%) Verano: 45 40 - 60 Invierno: 40 - 50 Trabajos sedentarios 17 - 27 (*) emperatur (°C) Trabajos ligeros: 14 - 25 a PPD<10%; M=1,2 met; una ropa de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno: Temperatura operativa (°C) Verano: 23 - 25 nvierno: 20 - 23 Verano 23 -25 Invierno 21 - 23 Trabajos sedentarios Amb.calurosos: ≤ 0.5 Amb. no calurosos: ≤ 0,25 Verano: 0,18 - 0,24 Invierno: 0,15 -0,20 Trabajos no sedentarios: Amb.calurosos: ≤ 0,75 A. acondicionado:

≤ 0,35

(*) La Guía Técnica del INSHT sobre lugares de trabajo recomienda mantener la temperatura entre 17 °C y 24 °C en invierno y entre 23 °C y 27 °C en verano.

Figura 2. Disposiciones mínimas sobre bienestar térmico (Armendáriz, 2001)

Tal como se refleja en el estudio de Otero-Mateo et al. (2017) en el Centro de Metrología Industrial ubicado en la Escuela Superior de Ingeniería (ESI), existía un problema puntual de disconfort térmico en la época fría, siendo necesaria la protección del trabajador mejorando el nivel de aislamiento de ropa. No obstante, estos espacios son controlados y estables debido a las labores de acreditación y certificación de equipos, según procedimiento de trabajo, la temperatura ambiental debe estar comprendida entre $(20,0 \pm 1,0)$ °C y una humedad relativa inferior al 65%.

En lo referente al taller de máquinas CNC y al taller de soldadura se han obtenido valores de temperatura bastante inferiores a los establecidos por el RD 486/1997 para asegurar un bienestar térmico de los alumnos y profesores, datos disponibles en la figura 3, 4, 5 y 6.

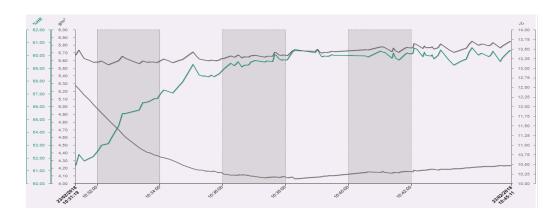


Figura 3. Gráfica de datos en el Taller de Soldadura

Figura 4. Tabla de datos en el Taller de Soldadura

	v1Humedad relativa [%HR]	v2Temperatura [°C]	v3Psicrometría [g/m³]
Mínimo	51,5	10,1	5,5
Máximo	60,6	12,5	5,9
Promedio	58,7	10,5	5,7
Desviacion estándar	2,2	0,5	0,1

Figura 5. Tabla de datos en el Taller de Máquinas CNC

	v1Humedad relativa [%HR]	v2Temperatura [°C]	v3Psicrometría [g/m³]
Mínimo	55,3	11,5	5,9
Máximo	60,4	12,3	6,6
Promedio	56,7	12,1	6,1
Desviacion estándar	1,1	0,3	0,2

Figura 6. Tabla de datos medidos en el exterior

	v1Humedad relativa [%HR]	v2Temperatura [°C]	v3Psicrometría [g/m³]
Mínimo	27,2	17,4	5,0
Máximo	34,9	21,5	5,2
Promedio	31,2	19,2	5,1
Desviacion estándar	2,6	1,4	0,1

6. Conclusiones

Según queda reflejado en los datos que han sido recogidos hasta el momento, podemos decir que existe una desviación significativa en cuanto a las condiciones del bienestar térmico en ambos talleres, mecánico y de soldadura.

Se observa que la diferencia de temperatura entre el exterior del edificio y los talleres ronda entorno a unos 8,7 °C, por lo que se puede estimar la capacidad de aislamiento de las paredes,

sabiendo además que se han podido llegar a alcanzar temperaturas puntuales mucho más inferiores en días más fríos y que, por tanto, son todavía más perjudiciales para el personal adyacente en el interior.

Para poder determinar los factores que inciden directamente en el bienestar del trabajador, hay que seguir analizando otros factores como el de la velocidad del aire, la cantidad de CO₂ en aire y la capacidad lumínica, ya que también influirán bastante en la calidad de las condiciones ambientales.

En los entornos analizados se deben establecer límites de exposición a las condiciones ambientales, puesto que el escaso aislamiento térmico de los cerramientos impide la permanencia continuada en ellos. Se debe revisar el diseño del edificio y adecuarlo para evitar el impacto del estrés térmico.

Con la información recogida y la prevista, se estará en disposición de definir los sensores necesarios para el diseño del sistema de captación no invasivo y posteriormente, poderlo aplicar al entorno industrial y docente.

7. Referencias

- Armendáriz, P. (2001). Evaluación del bienestar térmico en locales de trabajo cerrados mediante los índices térmicos PMV y PPD. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT]. Obtenido de http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ambiente%20termico/ficheros%20Documento%20tecnico%20especifico/DTEEvaluacionBienestarAmbienteTermico.pdf
- ANSI (2003). ANSI/ASME B 89.6.2: Temperature and Humidity Environment for Dimensional Measurements. Washington: American National Standars Institute [ANSI].
- Clark, R.A, Pua, Y.H., Fortin, K., Ritchie, C., Webster, K.E., Denehy, L., & Bryant, A.L. (2012, julio). Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. *Gait & Posture*, 36(3), 372-377.
- Centro de Metrología Industrial (CMI). (2017). Obtenido el 16 de abril de 2017, desde http://cth.uca.es/esp/laboratorios/1/centro-de-metrologia-industrial-division-de-apoyo-tecnologico-area-dimensional
- CNRC (2003). *National Research practices for calibration laboratories*. Ottawa: National Research Council Canada [CNRC].
- de Dear, R., Akimoto, T., Arens, E., Brager, G., Candido, C., Cheong, K., Li, B., Nishihara, N., Sekhar, S., Tanabe, S., Toftum, J., Zhang, H. and Zhu, Y. (2013) Progress in thermal confort research over the last twenty years, *Indoor Air*, *23*, 442–461.
- Diego-Mas, J.A, & Alcaide-Marzal, J. (2014, julio). Using Kinect (TM) sensor in observational methods for assessing postures at work. *Applied Ergonomics*, *45*(4), 976-985.
- Diego-Mas, J.A. (2015). Evaluación del confort térmico con el método fanger. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php
- España. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de noviembre de 1995, núm. 269, pp. 32590-32611.
- España. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. *Boletín Oficial del Estado,* 31 de enero de 1997, núm. 27, pp. 3031-3045.
- España. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, 23 de abril de 1997, núm. 97, pp. 12918-12926.

- España. Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. *Boletín Oficial del Estado,* 19 de diciembre de 2006, núm. 302, pp. 44487-44546.
- España (2014). Estadística de Accidentes de Trabajo. Obtenido el 16 de abril de 2017, de Ministerio de Empleo y Seguridad Social, Subdirección general de Estadística: http://www.empleo.gob.es/estadisticas/eat/eat14/Resumen resulta dos ATR 2014.pdf
- Griffin, B. (2005). Laboratory design guide. Oxford, UK: Architectural Press (Elsevier).
- Griffiths, M. & Eftekhari, M., (2008). "Control of CO2 in a naturally ventilated classroom", Energy and Buildings, 40, 556–560.
- Hignetta, S. & McAtamney, L. (2000, abril). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, *31*(2), 201-205.
- IAPRL. Estrategia Andaluza De Seguridad Y Salud En El Trabajo 2017-2022. JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Empleo, Empresa y Comercio. Instituto Andaluz de Prevención de Riesgos Laborales [IAPRIL]:

 http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Estrategia Andaluza Seg Salud Trabajo 2017 2022.pdf
- INSHT (2015a). Estrategia de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020 (número de publicación NIPO 272-15-056-6). Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT].
- IPMA (2015). ICB: Individual competence baseline for project, programme & portfolio management (4° ed). Nijkerk: International Project Management Association [IPMA].
- ISA (2006). *ISA-TR52.00.01: Recommended Environments for Standards Laboratories*. Pittsburgh: The Instrumentation, Systems, and Automation Society [ISA].
- ISO (2005a). ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Ginebra: International Organization for Standardization [ISO].
- ISO (2005b). ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Ginebra: International Organization for Standardization [ISO].
- ISO (2012). ISO 21500:2012 Guidance on project management. Ginebra: International Organization for Standardization [ISO].
- Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1997, diciembre). Correcting Working Postures in Industry: Practical Method for Analysis. *Applied Ergonomics*, *8*(*4*), 199-201.
- Martin, M.J, Flores, I, & Sebastian, MA. (2009, noviembre). Analysis of Standards and Specific Documentation about Equipment of Dimensional Metrology. *American Institute of Physics*, 1181(1), 213-221.
- Mishra, A.K. and Ramgopal, M. (2013). Field studies on human thermal confort An overview, *Build. Environ.*, *64*, 94-106.
- Murrell, K.F. (1971). Man in his working environement. *Ergonomic*. London: Taylor y Francis. McAtamney, L, & Nigel, E. (1993, abril). RULA: a survey method for the investigation of work related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, *24*(2), 91-99.
- Mendell, MJ., Eliseeva, EA., Davies MM., et al. (2013). Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools. *Indoor Air*, 23(6), 515-528.
- National Academy Press (2000). *Laboratory Design, construction and renovation: Participants, Process, and Product.* Washington, DC: Commission on Physical Sciences, Mathematics, and Applications.
- National Physical Laboratory (1998). *Measurement Good Pratice No. 8. Human Factors in Measurement and Calibration*. Middlesex, UK: National Physical Laboratory.

- NIST (2003). *NIST Handbook 143: State Weights and Measures Laboratories Program Handbook*. Gaithersburg: National Institute of Standars and Technology [NIST].
- NIST (2004). *NIST Handbook 150-2G: Calibration laboratories. Technical Guide for Mechanical Measurements.* Gaithersburg: National Institute of Standars and Technology [NIST].
- UKAS (2001). *UKAS Publication ref. LAB 36: Laboratory Accommodation and Environment in the Measurement of Length, Angle and Form.* Middlesex, UK: United Kingdom Accreditation Service [UKAS].
- Norbäck, D., Nordström, K. & Zhao, Z. (2013). Carbon dioxide (CO2) demand-controlled ventilation in university computer classrooms and possible effects on headache, fatigue and perceived indoor environment: an intervention study. *Int Arch Occup Environ Health*, 86(2),199-209.
- Osawa, S., Takatsuji, T., Hong, J., Noguchi, H., & Kurosawa, T. (2001, junio). Evaluation of the performance of a novel laser tracker used for coordinate measurements. *Recent Developments in Traceable Dimensional Measurements*, 4401.
- Organización Mundial de la Salud. Oficina Regional para Europa. *Health Promotion. Discussion Document on the Concept and Principles*. Copenhagen: OMS; 1985.
- Otero-Mateo, M., Cerezo-Narváez, A., Portela-Núñez, J.M. & Pastor-Fernández, A. (2017). Evaluación Ergonómica soportado por TIC en Laboratorios de Metrología Industrial (ERGOMET). XXI Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos. Cádiz: http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/458
- Pimentel do Rosario, J.L. (2014, julio). Biomechanical assessment of human posture: A literature review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(3), 368-373.
- PMI (2013). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (5^a ed). Pennsylvania: Project Management Institute [PMI].
- Ramachandran, G., Adgate, JL., Banerjee, S., et al. (2005). Indoor air quality in two urban elementary schools—measurements of airborne fungi, carpet allergens, CO2, temperature, and relative humidity. *J Occup Environ Hyg. 2(11)*, 553-566.
- Ruiz-frutos, C. (2004, junio). Vigilancia de la salud individual y colectiva: Dos caras de la misma moneda. *3er. Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales*. Santiago de Compostela, Galicia, España.
- Sincleton, W. (1972). Introduction to ergonomics. Ginebra: World Health Organization.
- Smedje G., Mattsson M. & Walinder R. (2011). Comparing mixing and displacement ventilation in classrooms: pupils' perception and health. *Indoor Air*, 21(6), 454-461.
- Unión Europea. Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 29 de junio de 1989, núm. 183, pp. 1-8.
- Valero, E., Sivanathan, A, Bosche, F, & Abdel-Wahab, M. (2016). Musculoskeletal disorders in construction: A review and a novel system for activity tracking with body area network. *Applied Ergonomics*, *54*, 120-130.
- Wong, L., Mui, K. & Hui, P. (2008). A multivariate-logistic model for acceptance of indoor environmental quality (IEQ) in offices, *Building and Environment*, *43*,1-6.

Agradecimientos

Al Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial de la Universidad de Cádiz, al Grupo de Investigación TEP955 – Ingeniería y Tecnología para la Prevención de Riesgos Laborales (INTELPREV) y a la Universidad de Cádiz por la financiación del proyecto UCA 20INPR0180.