INTERNET OF THINGS FOR THE MONITORING OF HEALTH APPLIED TO THE THERMAL SENSATION OF INTERNAL PATIENTS

INTERNET DE LAS COSAS PARA EL MONITOREO DE LA SALUD APLICADO A LA SENSACIÓN TÉRMICA PARA PACIENTES INTERNOS

Est. Johan Stiven Gomez Guacaneme PhD. Leonardo Ramirez Lopez, MSc. Gabriel Puerta Aponte.

Universidad Militar Nueva Granada
Comité Editorial Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada
Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
Tel.: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303, Ext. 144
E-mail: {tigum. U1401084} @unimilitar.edu.co

Abstract: According to information of the who, Colombia in the year 2013 presented that 10.53 % of the population who has the age of 60 years or more, having growth rates superior to the growth of the entire population. For 2015 there is projected a growth of this major population in 3.51 % and for 2020, a growth of 3.76 %. (I DAMAGED, Projections of Population 2005-2020). This work presents a monitoring system for the thermal sensation using technology IoT useful in enclosed spaces such as in those who remain the people of the third age. This information is shared through a development IoT-Cloud with health professionals in real time, increasing the possibilities of timely intervention in case of activating the alarms of thermal sensation that is perceiving the body of the person in real time. The result shows a designed system is low cost, with wide accessibility and scalability.

Keywords: Internet of things, Hub-IoT, thermal sensation, elderly, motor impairment.

Resumen: Según datos de la OMS, Colombia en el año 2013 presentó que el 10.53% de la población que tiene la edad de 60 años o más, teniendo tasas de crecimiento superiores al crecimiento de la población total. Para el 2015 se proyecta un crecimiento de esta población mayor en un 3.51% y para el 2020, un crecimiento del 3.76%. (DANE, Proyecciones de Población 2005-2020). Este trabajo presenta un sistema de monitoreo para la sensación térmica usando tecnología IoT útil en espacios cerrados, como en los que permanecen los adultos mayores. Esta información es compartida mediante un desarrollo IoT-Cloud con los profesionales de la salud en tiempo real, aumentando las posibilidades de intervención oportuna en caso de activar las alarmas de sensación térmica que está percibiendo el cuerpo de la persona en tiempo real. El resultado muestra un sistema diseñado es de bajo costo, con amplia accesibilidad y escalabilidad.

Palabras clave: Internet de las Cosas, Hub-IoT, Sensación Térmica, Adulto Mayor, discapacidad motriz.

1. INTRODUCION

La población adulto mayor en Colombia padece problemas de salud debido al descuido por parte de sus familiares o por la gran distancia que hay desde sus hogares a los centros médicos, el tiempo y costo también son problemas al querer diagnosticar su salud. Los adultos mayores presentan enfermedades frecuentes como son Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT), alteraciones sensoriales, alteraciones visuales y auditivas en general y SIDA (Gutierrez Lina, et al, 2015) entre otras más. Teniendo en cuenta el porcentaje poblacional del adulto mayor en Colombia, en el 2010 en un 30.8% de los hogares vivía por lo menos una

persona mayor; es decir, aunque 1 de cada 10 personas son mayores, alrededor de 1 de cada 3 hogares colombianos cuenta con presencia de personas mayores (Fedesarrollo, 2015). Convirtiéndose en un reto para el sistema de salud colombiano (la investigación médica, el entrenamiento y la provisión de cuidado) generando descoordinación entre el cuidado primario y el especializado, y entre el rutinario y el de urgencia. Produciendo inefectividad, inseguridad y un cuidado en salud inadecuado lo que termina en la insatisfacción del paciente y el médico (fedesarrollo, 2015).

IoT (internet de las cosas) permite indagar en diferentes áreas sobre la industria médica. Los desarrolladores buscan soluciones de gestión de la salud para las personas adulto mayor a través de la tecnología IoT, que permite realizar el estudio avanzado en cualquier tipo de enfermedad, para llegar a una opción de tratar las variables médicas de los pacientes. Para realizar este gran trabajo, se debe recurrir a conocimientos médicos, ya que se debe tener el conocimiento del porque se medirán específicamente estas variables. Y tecnológicos necesarios, para el debido impacto en los pacientes adulto mayor, debido a que la mayoría de ellos no frecuentan el uso de la tecnología (Barrios Ivan, ed al, 2017).

La comodidad térmica es un aspecto complejo que afecta a todas y cada una de las personas individualmente por las diferencias fisiológicas y psicológicas de las personas junto con su capacidad de adaptarse a las condiciones del entorno (Shellen L, ed al, 2012).

Las enfermedades que dependen de la sensación térmica en adultos mayores comúnmente son: hipotermia (F. Daniel, 2017), hipotiroidismo (M. Jerome,2018), golpes de calor (Tanen David, 2017) y la FOD (Fiebre de Origen Desconocido) (R Allan, 2016); que se encuentran directamente relacionadas con los cambios de temperatura en el ambiente y obligan a una regulación en la homeostasis del cuerpo.

En la tabla 1, se muestra la relación peligrosidad, rango de temperatura y posibles síntomas a los que se está expuesto.

Tabla 1. Peligrosidad según el índice de calor

PELIGROSIDAD	RANGO	POSIBLES SINTOMAS
Peligro extremo	Más de 55°C	El golpe de calor inminente
Peligro	41 – 54°C	Posibles calambres y agotamiento, el golpe de calor es altamente probable con la continuación de actividad
Precaución Extrema	32 – 41°C	Los calambres y agotamiento por el calor son posibles. Continuar con la actividad puede resultar en el golpe de calor.
Precaución	27 – 31°C	Fatiga es posible una exposición prolongada y de la actividad. Continuar la actividad puede resultar en calambres

2. MATERIALES

Para este trabajo de investigación se utilizaron materiales a nivel de hardware y software tecnológicos y de bajo precio, para cumplir con el adecuado sistema de monitoreo físico que a su vez va enlazado con internet, para su debido almacenamiento y visualización de la información.

- Servidores

El servidor Hub-IoT del grupo de investigación Tigum, tiene las siguientes características, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Características Servidor Hub.IoT.

Nombre	tigum.umng.local
Descripción	Computer
producto	HVM domU
Software	Xen
versión	4.4.4OVM
serial	0004fb00-0006-0000-5142-55ee6461662e
Banda	64 bits
Capacidades	smbios-2.4 dmi-2.4 smp vsyscall32
configuración	boot=normal uuid=0004FB00-0006-0000-5142-55EE6461662E

- Hardware:

Tarjeta de programación Arduino UNO, 3 sensores DHT11 y Modulo Wifi esp8266.

- Software

Base de datos PhpMyAdmin, Arduino UNO.

3. METODO

La metodología de investigación que se usó para la realización de este trabajo investigativo fue descriptiva debido a que es un método científico que implica observar y describir el comportamiento de los adultos mayores sin influir sobre ellos de ninguna manera.

4. DESARROLLO

A continuación, se detallará el desarrollo implementado en este trabajo de investigación.

- Tecnología IOT

La tecnología IOT en la salud permite supervisar la atención de los pacientes, los activos médicos y controlar el uso de los equipos y entornos generando bienestar. El grupo de investigación Tigum cuenta con un Hub-IoT El cual le permite a los estudiantes, investigadores y profesores hacer uso de este, para fines investigativos.

- Diseño de un sistema de monitoreo para la medición de sensación térmica

Para el diseño de un sistema de monitoreo, es necesario la interacción de sensores ubicados estratégicamente en el entorno donde se encuentre el adulto mayor que permitan recolectar los datos de la temperatura y la humedad del ambiente. Es un parámetro fundamental, ya que estos factores externos pueden afectar directa o indirectamente la salud del mismo.
Es necesario seguir el proceso respectivo para correcta visualización de la información por parte del profesional de la salud, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Diseño del sistema de monitoreo

- Nivel Físico

Se realizó el sistema de monitoreo con una tarjeta de Arduino de referencia UNO debido a que es una tarjeta de programación de bajo costo con una variedad de funciones, la cual es el centro de todo el sistema de monitoreo, debido a que, por medio de un código, permite la comunicación entre la capa física y la capa de red.

- Sensores

Se trabajó con los sensores DHT11 para medir la temperatura y la humedad del ambiente donde se encuentra el paciente adulto mayor, la siguiente figura 2, demuestra los sensores conectados a el sistema completo de monitoreo a nivel físico.

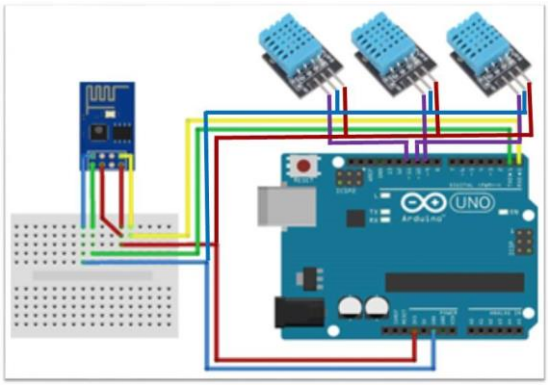


Figura 2. Diseño del sistema físico

con 3 sensores es posible obtener un gradiente de temperatura para acceder a un resultado más aproximado al valor real de las variables en cuestión.
La temperatura es una magnitud intensiva que toma un distinto valor para cada lugar del espacio, el cual es descrito como un campo escalar. El gradiente término está relacionado con la altura y con la temperatura, es el más usado y comúnmente se conoce como gradiente término ambiental (ELR, siglas en inglés). De acuerdo con Yochanan Kushnir de la Universidad de Colombia (Kushnir Yochaman, 2018), la relación entre estas tres variables puede expresarse como:

$$ELR = \frac{\Delta T}{\Delta H} = \frac{\frac{T1 + T2 + T3}{3}}{\Delta H}$$

Donde:

$ELR = Gradiente\ termico\ ambiental$
ΔT = Temperatura en grados fahrenheit
ΔH = Altura

Donde este resultado corresponde al valor de gradiente final para hacer el respectivo análisis de la información entregada por los sensores.

- Hub-IoT

La conexión a internet es necesaria para el correcto almacenamiento de la información sobre las variables de la salud de la persona tratada, se trabajó con el módulo wifi ESP8266 que junto a la tarjeta Arduino conforman un sistema de conexión a internet. La información del sistema de sensores, debe tener un canal para ser enviado a través de internet por medio de un mensaje TCP que permite enviar la información recogida, al establecer la conexión del hardware y el hub-IoT, en el monitor de comunicación del software Arduino aparece la siguiente imagen 1.

```
+IPD,215:HTTP/a.1 200 OKDate: Tue, 08 May 2018 07:50:01 G
Respuesta del servidor ------------------------------
GET /tigum/tigum-iot/test2.php?Proyecto=20171123&Sensor=P0001&Va
Host: tigum.umng.edu.co
```

Imagen 1. Conexión del sensor con el servidor Hub-IoT desde la consola del Arduino

Esto indica que el servidor se ha conectado satisfactoriamente.
Es necesario el correcto almacenamiento de la información en un servidor para que el profesional médico pueda realizar la respectiva visualización en tiempo real y esté al tanto de cada dato que llega del paciente, el servidor con el cual se trabajó fue PhpMyadmin el cual cuenta con un gran almacenamiento y respaldo de la información de los sensores.

- Visualización de los datos

Es necesario que la información sea vista para ser analizada y detallada por el profesional médico, como se muestra en la figura 3.

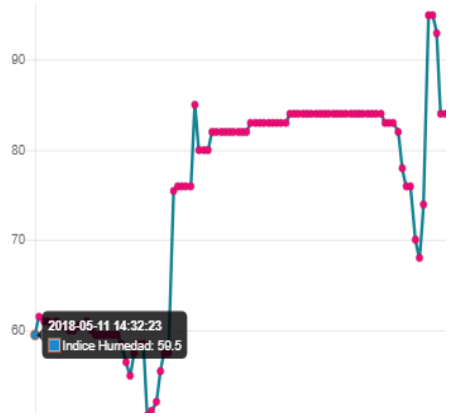


Figura 3. Dato y fecha detallados

Por esta razón se desarrolló una interfaz gráfica en la que la información se visualiza con su respectiva fecha, hora y magnitud a través de diferentes tipos de gráficas.
Resultados
Los valores correspondientes a la información obtenida por los sensores, se detallan como puntos en donde dos gráficas, una de temperatura y otra de humedad.
Nos permiten observar los cambios que hay en el ambiente donde se encuentra la persona a diagnosticar, esta medición se realizó en el laboratorio de comunicaciones de la universidad militar durante 3 horas, y los datos se tomaron cada 5 minutos. Cada dato llega con su hora, fecha y magnitud o porcentaje según la Figura 4 y figura 5.

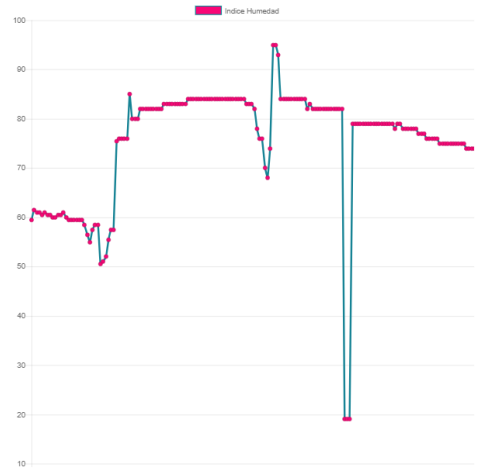


Figura 4. Información sobre Humedad.

Se detalla todas las mediciones que ha hecho el sensor DHt11 a nivel de humedad, donde se analiza los cambios de la variable humedad que se encuentra en el ambiente según pasa el tiempo, esta gráfica se encuentra en la interfaz gráfica del Hub-IoT del grupo de investigación tigum.

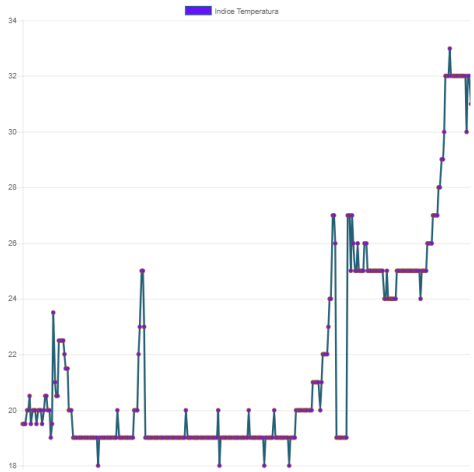


Figura 5. Información sobre Temperatura.

Se detalla todas las mediciones que ha hecho el sensor DHt11 a nivel de Temperatura, donde se analiza los cambios de temperatura a nivel del tiempo. esta gráfica se encuentra en la interfaz gráfica del Hub-IoT del grupo de investigación Tigum.

Existe una variable llamada índice de calor la cual hace conjunto de dos variables del ambiente: la temperatura del aire y el porcentaje de la humedad relativa, para determinar la Sensación térmica que el cuerpo humano percibe, debido a esto hay que ser muy cuidadosos con este factor térmico, pues las exposiciones al calor pueden ser extremadamente peligrosas y pueden generar enfermedades a mediano y largo plazo como hipotermia, hipotiroidismo, golpes de calor y la FOD.

Ha habido muchas fórmulas para hallar la variable de sensación térmica o índice de calor, en esta investigación se usará la que actualmente se usa y con la cual, investigadores de la universidad Politécnica de Madrid trabajan (Almorox Javier, 2007)

$$IC = -42.379 + 2.04901523 * T + 10.1433312 * HR - 0.22475541 * T * HR - 6.83783x10^{-3} * T^2 - 5.481717x10^{-2} * HR^2 + 1.22874x10^{-3} * T^2 * HR + 8.5282x10^{-4} * T * HR^2 - 1.99x10^{-6} * T^2 * HR^2$$

Donde:

IC: índice de calor
H R: humedad relativa en %
T: temperatura del termómetro en grados Farenheit

Posteriormente, La temperatura se deja expresada en el tipo de grados que se requiera, en este caso se usó Grados Centígrados como lo muestra la figura 6.

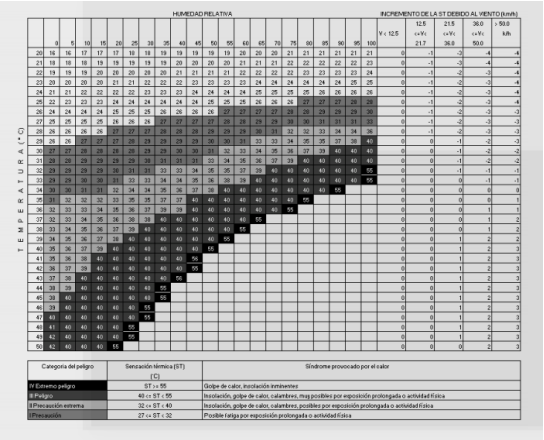


Figura 6. Magnitudes del índice de calor con relación a la humedad. (Gonzales, 1998)

Se puede observar en la figura 6, la magnitud del índice de calor es representado en una tabla temperatura en grados Centígrados Vs el porcentaje de humedad el cual se genera un resultado (Gonzales, 1998)

Esto para el profesional de la salud es de gran ayuda debido a que en la interfaz donde esté trabajando puede ver en tiempo real que es lo que está pasando con el adulto mayor y así ejercer acciones desde un entorno web hacia un entorno real, donde reciba y una la información de Temperatura con Humedad del adulto mayor, el cual a juntar estos dos tipos de información de como resultado un análisis nuevo el cual es sensación térmica y sirva como diagnóstico para ejercer acciones físicas en el sistema remoto.

5. RECONOCIMIENTO

Agradezco a la universidad Militar Nueva Granada con el financiamiento del proyecto PIC-ING-2686 radicado ante la Vicerrectoría de Investigaciones.

6. CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación, es posible concluir que a través de la tecnología IoT se simplifica la recolección y procesamiento de datos que agilizará la intervención y pronto

diagnóstico médico para los adultos mayores que lo requieran. así como puede llegar a reducir el costo de una atención domiciliaria y a aumentar la tecnología en casa y mantener una supervisión constante y remota desde el centro de salud.
También, expande la línea investigativa en el campo de las tecnologías de la salud en desarrollo, implementación y mejoras de las mismas a un bajo costo.
Finalmente se concluye que para implementar el sistema de monitoreo de deben realizar campañas de promoción, capacitación y reeducación a la población objeto para que haya una buena aceptación y así contribuir a los posibles índices de rechazo ya que se espera el sistema ayude a diagnosticar su salud para prevenir futuras enfermedades.

REFERENCIAS

Gutiérrez, Catalina; Moreno, Jonathan; González, Lina; Galán, Augusto y Ruiz, Catalina. "Diagnósticos y retos del sistema de salud frente al envejecimiento", Editorial Fundación Saldarriaga Concha, Bogotá, D.C. Colombia, p 8. (2015).

Fedesarrollo y Fundación Saldarriaga Concha, "Misión Colombia Envejece: cifras, retos y recomendaciones", Editorial Fundación Saldarriaga Concha, Bogotá, D.C. Colombia. p. 63, (2015).

Fedesarrollo y Fundación Saldarriaga Concha, "Misión Colombia Envejece: cifras, retos y recomendaciones", Editorial Fundación Saldarriaga Concha, Bogotá, D.C. Colombia, p. 291, (2015).

Iván Barrios Coronel, Melisa Vargas Viveros, José Echeverría Cuevas, Javier García Pérez, Julio Torales Benítez, "Uso de tecnologías de la información y comunicación para investigación en estudiantes de medicina paraguayos", Editorial Ciencias Médicas. San Lorenzo, Paraguay. (2017)

L. Schellen, M.G.L.C. Loomans, M.H. de Wit, B.W. Olesen & W.D. van Marken Lichtenbelt, "The influence of local effects on thermal sensation under non-uniform environmental conditions — Gender differences in thermophysiology, thermal comfort and productivity during convective and radiant cooling", Physicology & Behavior. Vol. 107, Issue 2. pp. 252-261, Sep .2012

Daniel F. Danzl, MD, Professor and Chair, Department of Emergency Medicine, University of Louisville School of Medicine. "Hypothermia" [online]. MSD MANUAL. (2017),

Jerome M. Hershman, MD, MS, Distinguished Professor of Medicine Emeritus, David Geffen School of Medicine at UCLA; Director of the Endocrine Clinic, West Los Angeles VA Medical Center. "Hypothyroidism (Myxedema)". MSD MANUAL.(2018),

David Tanen, MD, Professor of Emergency Medicine, David Geffen School of Medicine at UCLA; Senior Physician, Harbor-UCLA Medical Center. " Overview of Heat Illness". MSD MANUAL.(2017).

Allan R. Tunkel, MD, PhD, Professor of Medicine and Medical Services; Associate Dean for Medical Education, Warren Alpert Medical School of Brown University. " Fever of Unknown Origin (FUO)", (2016). MSD MANUAL.

Yochanan Kushnir, Columbia University; "El sistema climático; Gradiente térmico, humedad, nubes y tormentas", 2000.

Thomsen, Erik, "Cómo calcular temperatura y altura usando el gradiente térmico", Geniolandia, 01 Feb. 2018.

JAVIER ALMOROX ALONSO, Departamento de Edafología. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Asignatura de libre elección de segundo ciclo, "Índice de Calor" [online], abril 2007.

Olga Cecilia González G, "Metodología para el Cálculo del Confort Climático en Colombia". INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM, Santa Fe de Bogotá, D.C. p, 14, Dic 1998.