**RESUMEN**

En este documento presentamos un sistema basado en Internet de las Cosas para dispensar medicamentos (píldoras o cápsulas) a personas autorizadas. Consiste en un dispensador inteligente y una aplicación móvil. El dispensador inteligente libera el medicamento después que dos requisitos sucedan: (1) la hora es la indicada para la ingesta de los medicamentos, y (2) persona autorizada (paciente o cuidador) es identificada. La identificación de las personas autorizadas frente al dispensador se realiza usando identificación facial, y en la aplicación móvil mediante el nombre de usuario y contraseña correspondientes. El sistema se desarrolló siguiendo la Metodología de Desarrollo Guiada por Pruebas para Sistemas Basados ​​en Internet de las Cosas, y la evaluación de esta metodología es presentada. Con este trabajo intentamos proporcionar una solución a la ingesta no autorizada o incorrecta de medicamentos, ya que el sistema garantiza la liberación del medicamento por parte de la persona autorizada. Además, el sistema tiene un módulo para recordar al paciente (anciano) acerca de la ingesta de medicamentos, y para que el cuidador se entere si el paciente ha retirado o no el medicamento del dispensador. Los resultados de la evaluación del sistema son alentadores.

# INTRODUCCIÓN

El envejecimiento de la población es inminente en todo el mundo. Según datos de las Naciones Unidas los adultos mayores para el 2019 en España representaron el 19.65% de su población, mientras que en los Estados Unidos de América representaron el 16.21%. La edad promedio para ese mismo año en España fue de 43.24 años y en los Estados Unidos de América fue de 38.89 años. Estas cifras tienden en ser cada año más altas, es así que, según este mismo organismo, para el 2050 se espera que el número de adultos mayores[[1]](#footnote-1) alcancen el 36.81% de un total proyecto de 16,062,075 habitantes. Las cifras proyectadas para el 2050 para Estados Unidos son que el 22.35%, es decir 84,813,265 sean personas de 65 años o más [1].

La esperanza de vida en las personas aumenta cada año. Según datos publicados por la Comisión Europea, la esperanza de vida para Europa para el 2018, la menor es de 70.1 años (Latvia) y la mayor de 81.9 años (Switzerland). Las personas con el aumento de la edad padecen de enfermedades crónicas, como diabetes, presión arterial, enfermedades del corazón, deterioro cognitivo (pérdida de memoria), por mencionar algunas; enfermedades que son propias de su condición [2][3].

Los problemas que presentan los adultos mayores han preocupado a los investigadores, los que han hecho que ellos aporten con soluciones a algunos de estos problemas, logrando así que algunas personas mayores se valgan por sí mismo. Uno de los conjuntos de tecnologías que ha apoyado para que esto sea posible es Internet of Things (IoT) [4]–[11]. IoT es uno de los paradigmas que ha revolucionado nuestro entorno por sus múltiples campos de aplicación, como por ejemplo los campos industrial, ciudades inteligentes, hogares inteligentes, agua inteligente, seguridad y emergencias, agricultura inteligente, medicina, y cuidado de personas mayores, por mencionar algunos [12]–[14].

En el campo de la salud tenemos el monitoreo de pacientes en la ingesta de medicinas enfocado a personas mayores, así como su cuidado [15]–[22]. Las personas mayores que padecen algún problema crónico de salud deben ingerir medicamentos continuamente en un horario y en condiciones según sean prescritos por profesionales de la salud, para mejorar su estado de salud. Siendo la pérdida de memoria un problema que se agrava con el aumento de la edad, es muy probable que las personas mayores olviden realizar sus actividades cotidianas como la ingesta de medicinas, o podría tomar medicamentos de manera errónea o medicamentos no son de su prescripción. Al no ingerir a tiempo y la dosis correcta de los medicamentos, puede retrasar su recuperación, empeorar su estado de salud, e inclusive puede caer en la necesidad de hospitalización o en algún caso causarle la muerte [23]–[25].

El olvido de la ingesta de medicamentos, se agrava al existir probabilidades de ingerir medicamentos erróneos. Esto puede suceder en los hogares que conviven varias personas a quienes se les ha prescrito algún medicamento. El presente documento presenta un sistema basado en IoT para la ingesta de medicamentos. El sistema propuesto consiste en un pastillero con reconocimiento facial que arroja las pastillas o cápsulas (individuales) dentro del horario establecido previamente al momento que la persona es reconocida. Además, consta de una aplicación móvil que el cuidador o la persona responsable utiliza para configurar al pastillero con los datos del paciente y los horarios.

El resto del documento está estructurado de la siguiente manera, en la Sección II se presentan los trabajos relacionados con la ingesta de medicinas. En la sección III se describe claramente el sistema propuesto. La metodología de desarrollo se presenta en la sección IV, y en los resultados obtenidos se presentan en la sección V. Por último, las conclusiones y las observaciones se presentan en la sección VI.

# Trabajos relacionados

IoT es un paradigma que ha revolucionado la forma de ver el mundo, es así que se le considera la cuarta revolución industrial [26], [27]. El objetivo de IoT es mejorar el estilo de vida de las personas, en lo laboral, social, entretenimiento, personal, entre otros aspectos [28]. Los investigadores han visto en IoT la oportunidad de desarrollar sistemas que mejoran el estilo de vida de las personas, en especial de los adultos mayores.

El denominador común de las personas de avanzada edad es sufrir de deterioro cognitivo leve (MCI) en un alto grado o menor grado. Uno de los problemas que envuelve MCI es la pérdida de memoria [29]. Los investigadores han desarrollado varios sistemas basados en IoT (IoTS) como posibles soluciones al problema de la pérdida de memoria. En [30] proponen un sistema prototipo basado en IoT para recordatorios enfocado a personas mayores. Este sistema consiste en una silla de uso cotidiano que servirá para alertar o prevenir que las personas mayores olviden realizar ciertas actividades cotidianas. La mencionada silla está equipada con reproductores de sonido y con un dispositivo de vibración, que sirven para emitir el mensaje del recordatorio de voz y que a su vez la silla produzca vibración. De esta manera el adulto mayor escucha el mensaje y si se encuentra sentado sobre la silla, sentirá la vibración como una segunda forma de alerta sobre las actividades que debe realizar. Un trabajo similar es presentado en [31], que consiste en un cuadro de fotos para emitir los recordatorios. Ambos trabajos [30][31] han utilizado objetos cotidianos que emiten recordatorios a los adultos mayores sin que ellos ejerzan alguna acción al respecto, sin embargo la función de ambos sistemas es únicamente de emitir recordatorios sin especificidad.

Los problemas de pérdida de memoria agravan el estilo de vida de las personas especialmente cuando se trata de consumir sus medicamentos a tiempo, de manera constante y de manera correcta. Se han desarrollado IoTS motivados específicamente a resolver este problema. En [32] presentan a Smart Medicine Dispenser (SMD). SMD es un dispensador de medicamentos que contiene los medicamentos que son proporcionados automáticamente en los horarios establecidos. Trabaja bajo dos modos. (1) modo cuidador para recargar los medicamentos, y (2) modo paciente para la ingesta de medicamentos. Este sistema no emite recordatorios de medicamentos, sino que el sistema debe reconocer al paciente en el momento de que está programada la ingesta de medicamentos.

En [33] presentan un sistema que consiste en un dispensador de medicamentos que envía notificaciones al paciente por medio sonido y luces cuando es la hora de tomar las medicinas. El dispensador es desbloquea y enciende el led del compartimiento (uno de los tres) que contiene el medicamento que debe ingerir si el paciente se acerca en ese momento. La presencia del paciente es detectada por medio de infrarrojos. El cuidador recibe las notificaciones acerca de la extracción o no de los medicamentos del dispensador por parte del paciente.

En [34], presentan un sistema de recordatorios para la ingesta de medicinas. Los recordatorios para recordarle que consuma los medicamentos son entregados al usuario por medio de zumbadores en los horarios establecidos en un sistema en la nube, así mismo, el responsable del registro de los medicamentos a ingerir (receta) deben ser ingresados en el sistema en la nube.

El sistema propuesto se diferencia de los trabajos revisados, en que este sistema garantiza plenamente que la persona que recoge el medicamento para la ingesta de medicinas es el paciente, ya que, para identificar al paciente se aplica reconocimiento facial, y la extracción del medicamento es en el momento indicado para que la ingesta del medicamento se haga según lo estipulado por el médico y programado en el sistema. Esta programación como el rellenar los medicamentos lo hace el cuidador.

[1] UN Department of Economics and Social Affairs, “World Population Prospects - Population Division - United Nations,” *The International Journal of Logistics Management*, 28-Aug-2015. [Online]. Available: https://population.un.org/wpp/Download/Standard/CSV/. [Accessed: 07-Apr-2020].

[2] Eurostat, “Statistics | Eurostat,” *Life expectancy at birth by sex*, 27-Feb-2020. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00208/default/table?lang=en. [Accessed: 08-Apr-2020].

[3] R. Manikandan, R. Patan, A. H. Gandomi, P. Sivanesan, and H. Kalyanaraman, “Hash polynomial two factor decision tree using IoT for smart health care scheduling,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 141, p. 112924, 2020.

[4] A. Odunmbaku, A. M. Rahmani, P. Liljeberg, and H. Tenhunen, “Elderly Monitoring System With Sleep And Fall Detector,” in *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, 2016, vol. 169, pp. 473–480.

[5] A. Shahid, B. Khalid, S. Shaukat, H. Ali, and M. Y. Qadri, *Internet Of Things and Big Data Analytics Toward Next-Generation Intelligence*, vol. 30. Springer, Cham, 2018.

[6] S. Pinto, J. Cabral, and T. Gomes, “We-Care: An IoT-Based Health Care System For Elderly People,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology*, 2017, pp. 1378–1383.

[7] G. Guerrero-Ulloa, C. Rodríguez-Domínguez, and M. J. Hornos, “IoT-Based System to Help Care for Dependent Elderly,” in *Technology Trends. CITT 2018. Communications in Computer and Information Science*, M. Botto-Tobar, G. Pizarro, M. Zúñiga-Prieto, M. D’Armas, and M. . Zúñiga Sánchez, Eds. Springer, Cham, 2019, pp. 41–55.

[8] Y. YIN, Y. Zeng, X. Chen, and Y. Fan, “The internet of things in healthcare: An overview,” *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 1. pp. 3–13, 2016.

[9] I. Azimi, A. M. Rahmani, P. Liljeberg, and H. Tenhunen, “Internet Of Things For Remote Elderly Monitoring: A Study From User-Centered Perspective,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 8, no. 2, pp. 273–289, Apr. 2017.

[10] H. Mshali, T. Lemlouma, M. Moloney, and D. Magoni, “A Survey On Health Monitoring Systems For Health Smart Homes,” *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 66. pp. 26–56, Jul-2018.

[11] I. Chiuchisan, I. Chiuchisan, and M. Dimian, “Internet Of Things For E-Health: An Approach To Medical Applications,” *2015 Int. Work. Comput. Intell. Multimed. Underst.*, pp. 1–5, 2015.

[12] S. Balaji, K. Nathani, and R. Santhakumar, “IoT Technology, Applications and Challenges: A Contemporary Survey,” *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 108, no. 1, pp. 363–388, Sep. 2019.

[13] B. Baranidharan, “Internet of Things (IoT) Technologies, Architecture, Protocols, Security, and Applications: A Survey,” in *Handbook of Research on Cloud and Fog Computing Infrastructures for Data Science*, P. Raj and A. Raman, Eds. IGI Global, 2018, pp. 149–174.

[14] G. Guerrero-Ulloa, M. J. Hornos, and C. Rodríguez-Domínguez, “TDDM4IoTS: A Test-Driven Development Methodology for Internet of Things (IoT)-Based Systems,” in *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1193 CCIS, Comunications in Computer and Information Science, 2020, pp. 41–55.

[15] J. Aneke, C. Ardito, D. Caivano, L. Colizzi, M. F. Costabile, and L. Verardi, “A Low-cost Flexible IoT System Supporting Elderly’s Healthcare in Rural Villages,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2018, pp. 184–187.

[16] W. L. Chin, C. C. Chang, C. L. Tseng, Y. Z. Huang, and T. Jiang, “Bayesian real-time QrS complex detector for healthcare system,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 3, pp. 5540–5549, 2019.

[17] P. A. Laplante, M. Kassab, N. L. Laplante, and J. M. Voas, “Building caring healthcare systems in the Internet of Things,” *IEEE Syst. J.*, vol. 12, no. 3, pp. 3030–3037, 2018.

[18] S. K. Sood and I. Mahajan, “Wearable IoT sensor based healthcare system for identifying and controlling chikungunya virus,” *Comput. Ind.*, vol. 91, pp. 33–44, 2017.

[19] S. A. Bharadwaj, D. Yarravarapu, S. C. K. Reddy, T. Prudhvi, K. S. P. Sandeep, and O. S. D. Reddy, *Enhancing healthcare using m-Care box (Monitoring non-compliance of medication)*. 2017.

[20] M. A. Akkaş, R. SOKULLU, and H. Ertürk Çetin, “Healthcare and Patient Monitoring Using IoT,” *Internet of Things*, p. 100173, Feb. 2020.

[21] D. T. Lai, “Keynote Talk: Harnessing Health IoT For Smart Healthcare,” in *IoTofHealth 2016 - Proceedings of the 1st Workshop on IoT-Enabled Healthcare and Wellness Technologies and Systems, co-located with MobiSys 2016*, 2016, p. 1.

[22] A. Al-Adhab, H. Altmimi, M. Alhawashi, H. Alabduljabbar, F. Harrathi, and H. ALmubarek, “IoT For Remote Elderly Patient Care Based On Fuzzy Logic,” *2016 Int. Symp. Networks, Comput. Commun.*, pp. 1–5, 2016.

[23] R. Huang, X. Zhao, and J. Ma, “The contours of a human individual model based empathetic u-pillbox system for humanistic geriatric healthcare,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 37, pp. 404–416, 2014.

[24] S. Jaipriya, R. Aishwarya, N. B. Akash, and A. P. Jeyadevi, “An intelligent medical box remotely controlled by doctor,” in *Proceedings of the International Conference on Intelligent Sustainable Systems, ICISS 2019*, 2019, pp. 565–569.

[25] G. Schreier, M. Schwarz, R. Modre-Osprian, P. Kastner, D. Scherr, and F. Fruhwald, “Design and evaluation of a multimodal mHealth based medication management system for patient self administration,” in *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2013, pp. 7270–7273.

[26] C. Salkin, M. Oner, A. Ustundag, and E. Cevikcan, “A Conceptual Framework for Industry 4.0,” in *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*, A. Ustundag and E. Cevikcan, Eds. Springer, Cham, 2018, pp. 3–23.

[27] H. Xu, W. Yu, D. Griffith, and N. Golmie, “A Survey On Industrial Internet Of Things: A Cyber-Physical Systems Perspective,” *IEEE Access*, vol. 6. pp. 78238–78259, 2018.

[28] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet Of Things: A Survey,” *Comput. Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010.

[29] M. Clinic, “Mild cognitive impairment (MCI),” *Mild cognitive impairment (MCI)*, 2020. [Online]. Available: https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/mild-cognitive-impairment/symptoms-causes/syc-20354578. [Accessed: 11-Apr-2020].

[30] O. Erazo, G. Guerrero-Ulloa, D. Guzmán, and C. Cáceres, “From a Common Chair to a Device that Issues Reminders to Seniors,” in *Applied Technologies. ICAT 2019. Communications in Computer and Information Science*, vol. 1194, M. Botto-Tobar, M. Zambrano Vizuete, P. Torres-Carrión, S. Montes León, G. Pizarro Vásquez, and B. Durakovic, Eds. Quito: Springer, 2020, pp. 439–448.

[31] O. Erazo, R. Santana, and G. Guerrero-Ulloa, “A Ubiquitous Photo Frame To Provide Reminders To Older Adults,” Guayaquil, 2019.

[32] P. S. Pandey, S. K. Raghuwanshi, and G. S. Tomar, “The real time hardware of Smart Medicine Dispenser to Reduce the Adverse Drugs Reactions,” in *Proceedings on 2018 International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering, ICACCE 2018*, 2018, pp. 413–418.

[33] A. Jabeena and S. Kumar, “Smart medicine dispenser,” in *Proceedings of the International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2018*, 2018, pp. 410–414.

[34] K. Kartheek and S. K. Saddam Hussain, “Medical Dispense System Using IoT,” in *Proceedings - International Conference on Vision Towards Emerging Trends in Communication and Networking, ViTECoN 2019*, 2019, pp. 1–3.

1. Adulto mayor se considera a una persona a partir de los 65 años de edad. [↑](#footnote-ref-1)