

Desarrollo de un pastillero programable para facilitar el recordatorio de los horarios de ingesta de medicamentos controlados

RESUMEN: En respuesta a la creciente problemática del incumplimiento en la ingesta de medicamentos, especialmente entre la población de la tercera edad, individuos con enfermedades crónicas o estilos de vida acelerados, se presenta una solución innovadora: un pastillero programable mejorado que actúa como un recordatorio de consumo mediante alarmas programables configurables. El pastillero es un dispositivo compacto con compartimentos para almacenar diferentes medicamentos, y utiliza un mecanismo rotatorio impulsado por un servomotor para dispensar las dosis correctas. Las alarmas son audibles y visuales, configurables mediante un teclado integrado para establecer horarios de ingesta específicos. Además, una pantalla LCD integrada ofrece información adicional, como menús de configuración, fecha y hora en tiempo real, mejorando así la experiencia del usuario. Este proyecto ha completado un análisis detallado del avance del pastillero programable, resaltando su eficiente construcción que abarca desde la idea inicial hasta la creación física del dispositivo. Este enfoque mejorado no solo aborda la problemática del incumplimiento en la ingesta de medicamentos, sino que también mejora la calidad de vida de aquellos que dependen de una toma regular y precisa de medicamentos.

PALABRAS CLAVE: pastillero programable, Software CAD, Embebido, IDE, Microcontrolador.



Colaboración

Jorge I. Cuevas-Chávez, Tecnológico Nacional de México / Cd. Guzmán; Olimpo Lúa Madrigal, Tecnológico Nacional de México / campus Colima; Carlos F. González Ponce, Tecnológico Nacional de México / Cd. Guzmán; Alan A. Sánchez-Salazar, Tecnológico Nacional de México / campus Colima

Fecha de recepción: 4 de abril 2024

Fecha de aceptación: 3 de junio de 2024

ABSTRACT: In response to the growing issue of medication non-adherence, especially among the elderly, individuals with chronic illnesses, or those with busy lifestyles, we present an innovative solution: an improved programmable pill dispenser that acts as a medication reminder through configurable programmable alarms. The pill dispenser is a compact device with compartments to store different medications and uses a rotary mechanism driven by a servomotor to dispense the correct doses. The alarms are both audible and visual, configurable via an integrated keypad to set specific intake schedules. Additionally, an integrated LCD screen provides additional information, such as configuration menus, date, and real-time clock, thereby enhancing the user experience. This project has completed a detailed analysis of the advancement of the programmable pill dispenser, highlighting its efficient construction from the initial idea to the physical creation of the device. This improved approach not only addresses the issue of medication non-adherence but also improves the quality of life for those who depend on regular and precise medication intake.

KEYWORDS: programmable pillbox, CAD Software, Embedded, IDE, Microcontroller.

INTRODUCCIÓN

El incumplimiento en la ingesta de medicamentos constituye una problemática frecuente que conlleva consecuencias significativas para la salud [1]. Según datos de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de EE. UU., se estima que cada año en ese país, alrededor de 700,000 visitas a departamentos de emergencia y 120,000 hospitalizaciones son el resultado de errores en la toma de medicamentos recetados [2]. Mantener una adherencia a los fármacos recetados puede ser un desafío para todo tipo de personas; solo el 50% de los pacientes cumplen con la medicación [3]. Una gran parte de la población afectada son los ancianos y/o las personas que padecen enfermedades crónicas y neurológicas [4]; sin embargo, gran parte de los sectores de la población impacta

en esta dificultad, como lo es el caso de jóvenes con problemas respiratorios en necesidad frecuente de medicamentos [5].

La población de la tercera edad a nivel mundial ha experimentado un notable crecimiento del 3%, atribuible al avance significativo de la tecnología farmacéutica [6]. El envejecimiento requiere una atención especial, ya que conlleva a un mayor desarrollo de enfermedades crónicas, haciendo necesario el consumo de fármacos con un horario preestablecido [7]. En un estudio piloto realizado por [8], se analizaron 500 personas mayores de 40 años en atención primaria, revelando que el 49.1% olvidaba tomar una dosis.

La tecnología asistida (TA) proporciona una mejora significativa en el funcionamiento diario y el individualismo de los seres humanos, lo que contribuye a un notable aumento en la calidad de vida [9,10]. Sin embargo, solo 1 de cada 10 personas tiene acceso a las tecnologías asistidas debido a múltiples factores, como la accesibilidad económica, de personal, disponibilidad, entre otros [11].

La implementación de pastilleros electrónicos como parte del uso de tecnología asistida ha avanzado notablemente en los últimos años [12-14]. Esto impacta en la problemática de la adquisición de dispositivos electrónicos, contribuyendo al aumento del bienestar individual y al consumo adecuado de fármacos recetados, especialmente en sectores de la población más desfavorecidos.

En estas décadas se han creado pastilleros electrónicos para monitoreo, como es el caso de MedTracker [15], un dispositivo capaz de coleccionar datos y brindar información relevante sobre la adherencia y errores de medicación. Otro prototipo reciente, propuesto por [16], de un pastillero con la capacidad de clasificar las pastillas por sí mismo, destinado a utilizarse en hospitales o casas hogares para ancianos, tiene como objetivo abordar los problemas asociados con los errores que pueden ocurrir en las personas encargadas de la administración de medicamentos a pacientes. Estas personas a menudo enfrentan el desafío de clasificar grandes cantidades de pastillas para el consumo diario.

La presente propuesta de diseño consiste en un pastillero programable con compartimentos, utilizado como recordatorio para el consumo de medicamentos mediante alarmas programables. Está diseñado principalmente para la población de la tercera edad, así como para aquellos con enfermedades crónicas o estilos de vida acelerados. El objetivo principal es brindar asistencia automática para asegurar un consumo correcto y óptimo de fármacos durante un período determinado. Al explorar la estructura de este artículo, la siguiente sección se adentrará en la metodología y los ma-

teriales utilizados en la investigación, proporcionando detalles sobre los recursos y métodos empleados en el desarrollo integral del dispositivo, desde el diseño mecánico hasta la programación y diseño electrónico, utilizando dibujos y diagramas de flujo. Los resultados se presentarán de manera clara y concisa respaldados por evidencias. Posteriormente, se llevará a cabo una breve discusión resaltando las cualidades de la propuesta actual en comparación con otras. Finalmente, la sección de conclusiones reunirá estos hallazgos y ofrecerá una visión del potencial futuro.

METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

Diseño Mecánico

El diseño mecánico del dispositivo se llevó a cabo con el software SolidWorks especializado en diseño CAD 3D. En la Figura 1, se presenta el diseño exterior principal del dispositivo, un pastillero cilíndrico compuesto por diversos componentes que interactúan con el usuario. La tapa superior (A), con un imán en la punta (B), se agregó a un servomotor de 360 grados (D). Este se activa en respuesta a una alarma, haciendo que la tapa superior se desplace alrededor de la circunferencia. Las alarmas se configuran mediante un teclado numérico con 6 teclas multipropósito (C). Además, el dispositivo dispone de una pantalla LCD (E) que muestra la hora, fecha, proceso actual, configuración de alarmas y llenado de compartimentos con un medicamento específico.

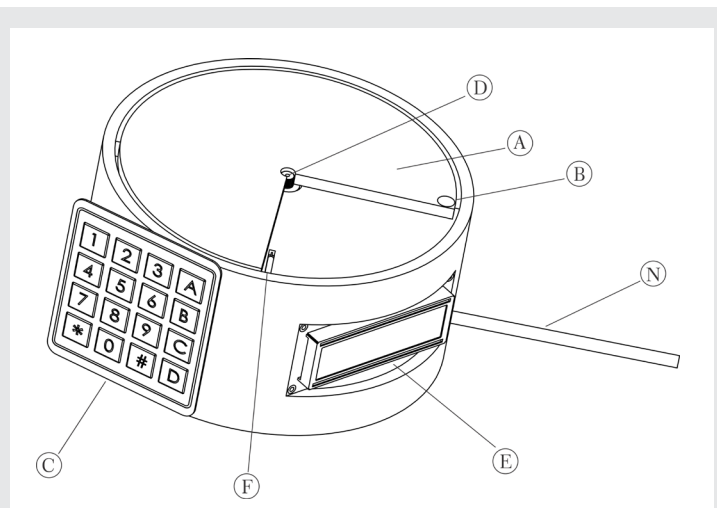


Figura 1. Modelado tridimensional del dispositivo utilizando SolidWorks.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2, se detalla el interior del dispositivo al levantar la tapa superior (A), que consta de tres compartimentos para medicamentos. Estos compartimentos se utilizan para almacenar pastillas, y se pueden programar alarmas para hasta tres dosis diarias. El dispositivo también tiene una tapa inferior (G), que proporciona acceso al circuito electrónico interno, y se aborda con más detalle en la sección de Diseño electrónico.

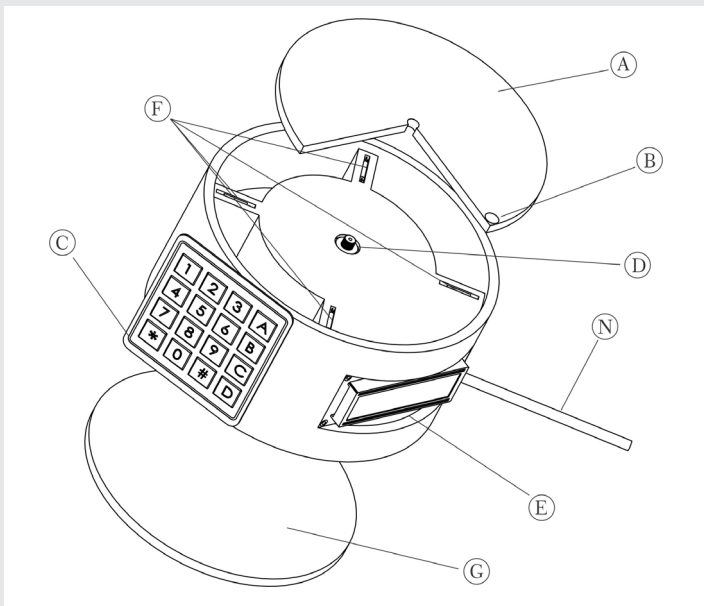


Figura 2. Descomposición detallada del dispositivo diseñado en SolidWorks.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 muestra una vista superior del interior del dispositivo sin la tapa superior (A). Aquí, se encuentran los compartimentos, y se observa la presencia de pequeños relés magnéticos conocidos como Reed Switch (F). Estos Reed Switch se activan magnéticamente mediante el imán (B) de la tapa superior (A) y detienen el movimiento del servomotor (D) en momentos específicos cuando una alarma está activa.

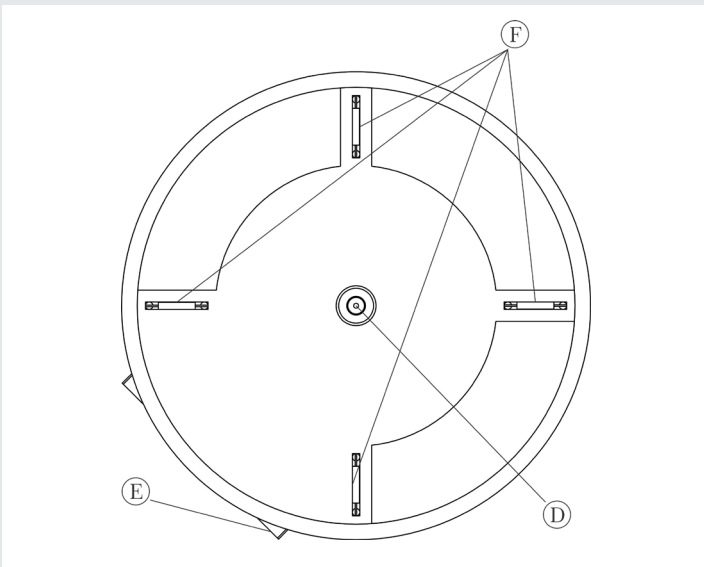


Figura 3. Vista interna superior del dispositivo diseñado en SolidWorks.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño Electrónico

En la fase de potencia, Se usó una fuente de voltaje modelo S042-1a120300hu, donde se conecta a la línea de tensión de 110V o 220V de Corriente Alter-

na (CA) a través de un cable eléctrico (N), como se muestra en la Figura 1 adicionalmente, se presenta en el diagrama electrónico del dispositivo en la Figura 5, este componente suministra un voltaje estable de 12V a 3A en Corriente Continua (CC), suficiente para el funcionamiento completo del pastillero. En la Figura 4, se muestran los componentes electrónicos internos del dispositivo, ubicados en el interior inferior. Se optó por utilizar un microcontrolador embebido llamado Arduino Mega modelo 2560 (H) debido a su abundancia de pines analógicos y digitales, así como a su facilidad de programación a través del IDE de Arduino. El Arduino Mega se alimenta directamente del regulador de voltaje de 12V, como se muestra en el diagrama electrónico de la Figura 5.

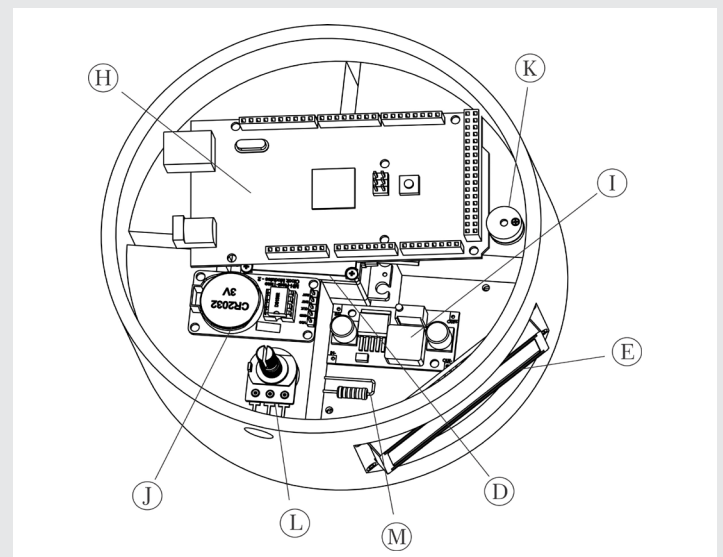


Figura 4. Vista interna inferior del dispositivo diseñado en SolidWorks.

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró utilizar un servomotor de 360 grados modelo DS04-NFC (D), seleccionado por su rotación que abarca toda la circunferencia del dispositivo y el torque adecuado para llevar a cabo la acción requerida. Este servomotor tiene la función de girar la tapa superior (A) de la Figura 1 del dispositivo para abrir o cerrar los compartimentos. Adicionalmente, se incorporó un módulo regulador de voltaje ajustable modelo LM2596 (I), visible en la Figura 4 Este módulo reduce el voltaje de 12V y 3A de CC a 6V y 1A de CC, destinado exclusivamente para alimentar el servomotor de 360 grados. El diagrama electrónico de la Figura 5 muestra la conexión directa del servomotor al LM2596. La elección de este módulo se basa en su capacidad para suministrar la corriente requerida por el servomotor, aproximadamente 200 mA.

En la Figura 4 se incluyó un módulo de Reloj en Tiempo Real, o RTC, modelo DS3231 (J), que tiene la ventaja de mantenerse encendido gracias a una batería independiente de 3V.

Esto permite que el dispositivo muestre la hora en tiempo real incluso cuando se desconecta o hay un corte de luz. Según se observa en el diagrama electrónico de la Figura 5, el DS3231 está conectado directamente al puerto de Voltaje de Corriente Continua (VCC) del Arduino Mega, que suministra 5V. Además, se requieren las conexiones de los puertos de comunicación SCL y SDA del Arduino Mega hacia el módulo RTC.

Se añadió un buzzer de sonido modelo CMI-1295-0585T (K), visible en la Figura 4, seleccionado por su capacidad para emitir sonido con un voltaje bajo. Este buzzer se activa cuando una alarma está en funcionamiento, reproduciendo una secuencia de notas musicales. El diagrama electrónico de la Figura 5 muestra que este dispositivo se conecta a uno de los puertos analógicos del Arduino Mega, activándose con 5V de CC.

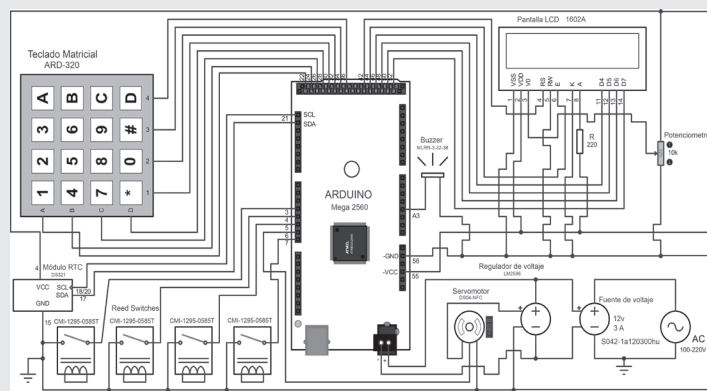


Figura 5. Diagrama electrónico detallado del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

Se utilizaron Reed Switches modelo MLRR-3-32-38 (F), mencionados anteriormente y visibles en la Figura 3, que se activan magnéticamente. Su función es detener en un momento específico el Servomotor de 360 grados mediante el imán (B) de la Figura 1.

Se consideró la inclusión de un teclado matricial alfanumérico modelo ARD-320 (C), mencionado anteriormente y visible en la Figura 1, seleccionado por su flexibilidad y capacidad para adaptarse fácilmente al dispositivo. Su función es permitir que el usuario interactúe con el dispositivo, desde la programación de las alarmas hasta el llenado de los compartimentos. El diagrama eléctrico de la Figura 5 muestra la conexión del componente a múltiples pines digitales del Arduino Mega.

Finalmente, se seleccionó una pantalla LCD modelo 1602A (E), como se muestra en la Figura 4, debido a su bajo costo, calidad visual y bajo consumo de voltaje. Su función es mostrar la información necesaria para que el usuario pueda visualizar la fecha, la hora exacta y programar sus alarmas con facilidad. Además, en la Figura 4, se pueden observar un potenciómetro modelo PDB181-K420K-103B (L) y una resistencia modelo

FMP200FTF52-220R (M), necesarios para el funcionamiento de la pantalla LCD. En el diagrama eléctrico de la Figura 5, se evidencia que estos componentes están conectados a múltiples pines digitales del Arduino Mega y a VCC. El potenciómetro, con una resistencia de 10,000 ohmios, permite ajustar la luminosidad de la pantalla LCD, mientras que la resistencia de 220 ohmios limita la corriente a través de los segmentos del display, protegiéndolo de corrientes excesivas.

Tabla 1. Componentes electrónicos empleados.

Componente	Modelo
Fuente de voltaje	S042-1a120300hu
Embebido Arduino	Mega 2560
Servomotor	DS04-NFC
Módulo regulador voltaje	LM2596
Módulo RTC	DS3231
Buzzer de sonido	MLRR-3-32-38
Reed switches	CMI-1295-0585T
Teclado	ARD-320
Pantalla LCD	1602A
Potenciómetro	PDB181-K420K-103B
Resistencia	FMP200FTF52-220R

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1 muestra una recopilación de los componentes electrónicos utilizados en el dispositivo, los cuales se presentan en el diagrama eléctrico de la Figura 5.

Programación

El dispositivo consta de tres procesos fundamentales para su funcionamiento: inicialización, recepción de alarma y rellenado de compartimento, los cuales forman parte de la programación del dispositivo. Estos se pueden observar en la Figura 6.



Figura 6. Principales procesos de funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.

El primer proceso hace referencia a la inicialización 7, el cual ocurre cuando el dispositivo se conecta a la luz eléctrica. Inicialmente, el dispositivo muestra en la pantalla LCD un mensaje de bienvenida. Luego, el servomotor de 360 grados se posiciona para cerrar todos los compartimentos del dispositivo, como se aprecia en la Figura 1. Posteriormente, el Módulo RTC comienza su funcionamiento para mostrar la fecha, hora y el menú de la interfaz al usuario. Después, el usuario debe seleccionar cualquiera de los tres compartimentos para programar la alarma correspondiente, así como el número de dosis que requiere a lo largo del día, mediante el teclado numérico. Las alarmas programadas se almacenan en la memoria interna del Arduino Mega, las cuales se activan en el momento en que el Módulo RTC entrega la señal.

Posteriormente, se acciona el servomotor de 360 grados, posicionando la tapa superior de manera que el compartimento se abra y se detenga con un pulso magnético, como se muestra en la Figura 9. Una vez abierto el compartimento, el usuario puede rellenarlo con las pastillas deseadas para luego presionar el botón "6 (LISTO)". Después, el servomotor regresa a la posición inicial, cerrando los compartimentos, como se observa en la Figura 1, mostrando de nuevo en pantalla el menú inicial, la fecha y la hora.

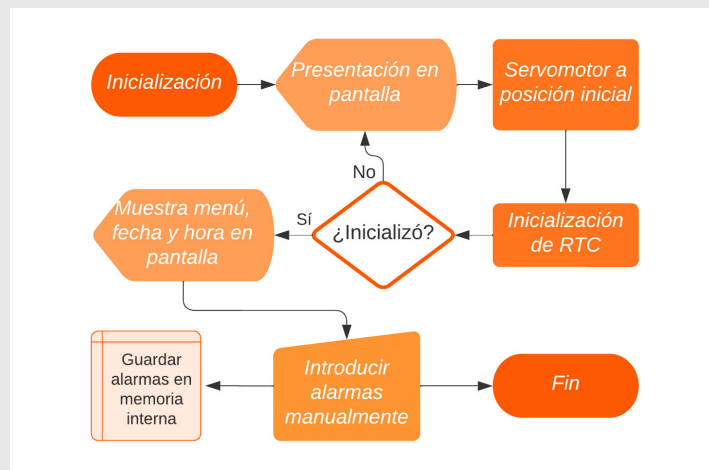


Figura 7. Proceso de inicialización. Fuente: Elaboración propia.

El segundo proceso alude a la recepción de una alarma Figura 8, el cual ocurre cuando una alarma recibe una señal del Módulo RTC. Se comparan todas las alarmas almacenadas con la hora actual y, si una alarma coincide, la pantalla LCD muestra la alarma que está activa en ese momento. Simultáneamente, se activa una indicación sonora emitida por el buzzer de sonido, y el servomotor de 360 grados se acciona, haciendo que la tapa superior comience a rotar hasta que el imán pase por el relé magnético para indicar dónde debe detenerse el servomotor, descubriendo así el compartimento referente a la alarma recibida Figura 9. Una vez abierto, el usuario debe tomar la pastilla correspondiente y presionar el botón "6 (LISTO)". Luego, se apaga la indicación sonora, y el servomotor regresa a la posición inicial, cerrando el compartimento, como se puede ver en la Figura 1. La pantalla muestra de nuevo el menú inicial con la fecha y la hora.

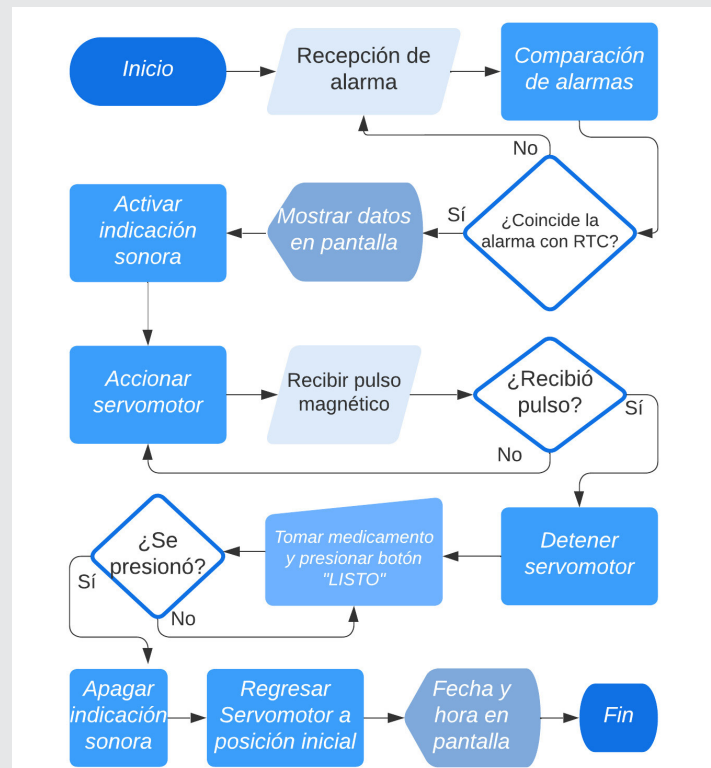


Figura 8. Proceso de recepción de alarma. Fuente: Elaboración propia.

El tercer proceso se refiere al rellenado de los compartimentos Figura 10, ocurre cuando el usuario necesita rellenar los compartimentos con nuevas pastillas. Debe presionar uno de los botones A, B o C en el teclado alfanumérico para abrir uno de los tres compar-

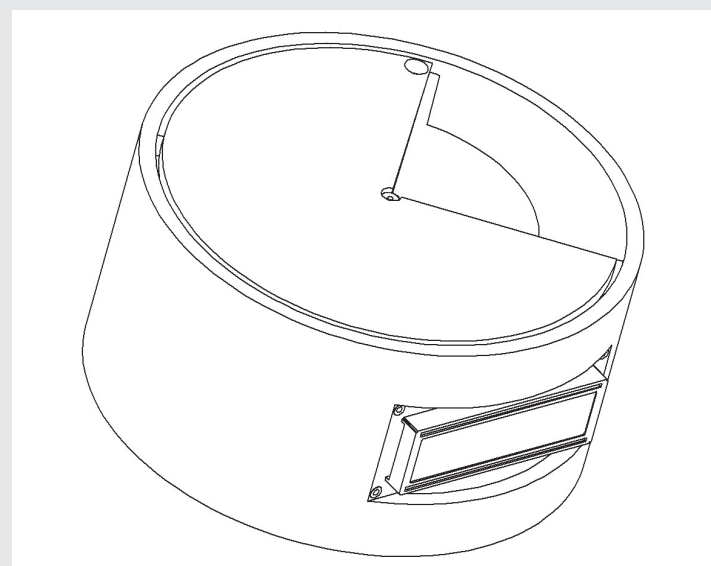


Figura 9. Vista tridimensional del dispositivo diseñado en SolidWorks con un compartimento abierto. Fuente: Elaboración propia.

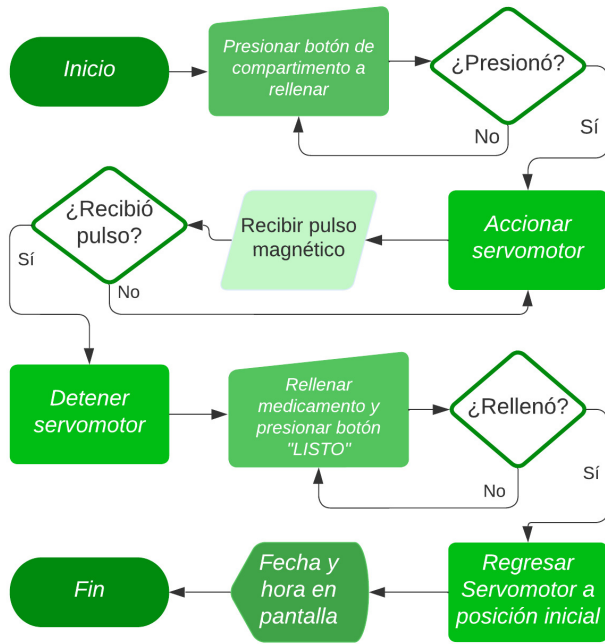


Figura 10. Proceso de Rellenado de Compartimento.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Se ha desarrollado con éxito un prototipo funcional del pastillero programable. El diseño mecánico se produjo mediante una impresora 3D utilizando ácido poliláctico (PLA) como material. Además, se integraron exitosamente los componentes electrónicos detallados en la Figura 5 como parte de la circuitería interna. Se procedió a cargar el código de funcionamiento de los procesos, según se describe en la Figura 6, en el embebido Arduino. Este proceso se ejecutó de manera satisfactoria, logrando el propósito deseado de obtener un funcionamiento eficiente del dispositivo, como se evidencia en la Figura 11.



Figura 11. Dispositivo físicamente construido durante el proceso de rellenar compartimentos.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se ha presentado una solicitud de Modelo de Utilidad ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual, la cual superó satisfactoriamente el examen de forma al cumplir con los requisitos establecidos por la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial y el Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial. El Modelo de Utilidad ha sido oficialmente publicado el 11 de septiembre de 2023 en la base de datos del IMPI denominada Gaceta, identificado con el número de solicitud: MX/u/2022/000303.

Discusión

A continuación, se presenta una comparación en la Tabla 2 entre varios dispositivos pastilleros y dispensadores programables, cada uno con características únicas. Por ejemplo, algunos integran aplicaciones de IoT (Internet of Things), como la implementación de una interfaz externa o base de datos; sin embargo, este aspecto podría evolucionar y ser integrado en el dispositivo actual en el futuro, como la posibilidad de utilizar un teléfono móvil para programar alarmas y enviar mensajes al usuario en caso de estar lejos, mediante una conexión a una base de datos, entre otras funcionalidades. No obstante, destaca un elemento particular en la propuesta actual en comparación con los demás: la portabilidad. Otro aspecto relevante en la actualidad es la integración de la Inteligencia Artificial (IA), ya que ninguno de los pastilleros presentados incluye esta tecnología. Sería posible implementar un algoritmo de IA que aprenda los patrones de ingesta de un usuario con diversas condiciones de salud y que programe las alarmas de manera automática, adaptándose al tipo de pastillas y a las necesidades específicas del usuario. Por otro lado, el dispositivo ha sido utilizado por una persona con problemas de presión. El usuario utilizó dos de los tres compartimentos del dispositivo: uno para almacenar pastillas de amlodipino y otro para pastillas de metoprolol. Programó alarmas para dos dosis de cada tipo de pastilla, una por la mañana y otra por la noche.

Tabla 2. Comparación con otros dispositivos.

Dispositivo	Portabilidad	IA	IoT
Dispensador [11]			
Dispensador [12]			
Pastillero [13]			X
Pastillero [14]			
Dispensador [15]			X
Presente Propuesta	X		

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Este artículo ofrece un análisis detallado sobre el desarrollo de un pastillero programable, resaltando su eficaz construcción. A lo largo de este proceso, se han

resaltado aspectos cruciales, desde el diseño conceptual hasta la materialización física del dispositivo. La integración de componentes mecatrónicos ha posibilitado alcanzar un funcionamiento coherente.

Es crucial destacar que este proyecto tiene el potencial de contribuir de manera significativa al avance de la tecnología en dispositivos mecatrónicos, especialmente en el ámbito de pastilleros programables. Además, sienta las bases para futuras investigaciones y mejoras, abriendo nuevas posibilidades para aplicaciones más amplias que atiendan las necesidades del usuario.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México campus Colima y Ciudad Guzmán, por su compromiso a largo plazo con la excelencia y la innovación, lo cual ha sido una fuente constante de inspiración para nosotros.

BIBLIOGRAFÍA

[1] van der Wal, M. H., Jaarsma, T., and van Veldhuisen, D. J. (2005). *Non-compliance in patients with heart failure; how can we manage it?* *European journal of heart failure*, 7(1):5-17. <https://doi.org/10.1016/j.ejheart.2004.04.007>.

[2] Centers for Disease Control and Prevention. (2019). *National Hospital Ambulatory Medical Care Survey: 2017 Emergency Department Summary Tables*. Recuperado de https://www.cdc.gov/nchs/data/nhamcs/web_tables/2017_ed_web_tables-508.pdf.

[3] Brown, M. T., Bussell, J., Dutta, S., Davis, K., Strong, S., and Mathew, S. (2016). *Medication adherence: truth and consequences*. *The American journal of the medical sciences*, 351(4):387-399. <https://doi.org/10.1016/j.amjms.2016.01.010>

[4] Chang, S.-M., Lu, I.-C., Chen, Y.-C., Hsuan, C.-F., Lin, Y.-J., and Chuang, H.-Y. (2021). *Behavioral factors associated with medication non-adherence in patients with hypertension*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph18189614>.

[5] Koster, E. S., Philbert, D., de Vries, T. W., van Dijk, L., and Bouvy, M. L. (2015). *"i just forget to take it": asthma self-management needs and preferences in adolescents*. *Journal of Asthma*, 52(8):831-837. <https://doi.org/10.3109/02770903.2015.1020388>.

[6] Beard, J. R., Officer, A. M., de Carvalho, I. A., Sadana, R., Pot, A. M., Michel, J. P., ... & Chatterji, S. (2015). *Global Population Ageing: Peril or*

Promise? United Nations Development Programme (UNDP).

[7] Kasture, R., Borkar, S., Shinde, R., Waghmare, D., and Hande, S. (2018). *Smart pill box based on an internet of things platform*. ISSN: 1832-5505, Vol-6 Issue-03 July 2018.

[8] Choi, E. P. H. (2019). *A pilot study to evaluate the acceptability of using a smart pillbox to enhance medication adherence among primary care patients*. *International journal of environmental research and public health*, 16(20):3964. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203964>.

[9] Garçon, L., Khasnabis, C., Walker, L., Nakatani, Y., Lapitan, J., Borg, J., Ross, A., and Velazquez Berumen, A. (2016). *Medical and assistive health technology: meeting the needs of aging populations*. *The Gerontologist*, 56(Suppl 2):S293-S302. <https://doi.org/10.1093/geront/gnw005>.

[10] Haux, R., Koch, S., Lovell, N., Marschollek, M., Nakashima, N., and Wolf, K.-H. (2016). *Health-enabling and ambient assistive technologies: past, present, future*. *Yearbook of medical informatics*, 25(S 01):S76-S91. doi: 10.15265/IYS-2016-s008.

[11] Kalamani, P. et al. (2019). *Intelligent pillbox: Automatic and programmable assistive technology device*. *Think India Journal*, 22(14):10323-10325. ISSN:0971-1260 Vol-22-Issue-14-Decem ber-2019.

[12] Balamurugan, K., A., J. A., B., V., K., R. V. S., and N, S. S. (2023). *Design of an intelligent and smart pill box using arduino and sensors*. In *2023 4th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, pages 258-263. doi:10.1109/ICOSEC58147.2023.10276212.

[13] Minera, S. R., Nuerbiya, A., Espinoza, A., George, K., and Panangadan, A. (2023). *Smart pill dispenser with smart cup*. In *2023 IEEE World AI IoT Congress (AlloT)*, pages 0598-0604. doi: 10.1109/AlloT58121.2023.10174536.

[14] Rajan, B. P. T., Brightny, A., Rebeak, C. D., Poojasen, S., Vijay, P., Suresh, M., and Alex, R. R. (2021). *Smart pill box with reminder to consume and auto-filling process using iot*. In *2021 Fifth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, pages 40-44. IEEE. doi: 10.1109/I-SMAC52330.2021.9641043.

[15] Hayes, T. L., Hunt, J. M., Adami, A., and Kaye, J. A. (2006). *An electronic pillbox for continuous monitoring of medication adherence*. In *2006 international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society*, pages 6400–6403. IEEE. doi: 10.1109/IEMBS.2006.260367.

[16] Minaam, D. S. A. and Abd-ELfattah, M. (2018). *Smart drugs: Improving healthcare using smart pill box for medicine reminder and monitoring system*. *Future Computing and Informatics Journal*, 3(2):443–456. <https://doi.org/10.1016/j.fcij.2018.11.008> publicaciones/terceracomunicaci%C3%B3n-nacional-sobre-cambio-clim%C3%A1tico.

