

10.30972/eitt.827242

Diseño y construcción de una precámara destinada al control de temperatura del aire para el secado solar de vegetales de alimentación fisiológica saludable

Spotorno, R. ^{1 2}, Pochettino, J. ¹, Ambrosig, R. ¹, Pinatti, G. ², Vargas, O. ², Veppo, J. ³ y Figueredo, G. ¹.

Resumen

En el presente trabajo se expone el diseño y construcción de un equipo experimental destinado al secado solar de vegetales de alimentación fisiológica saludable. Se presenta el diseño y construcción de una precámara, donde se realiza el control de la temperatura del aire, antes de su ingreso a la cámara de secado propiamente dicha. El control automático de la temperatura del aire se realiza utilizando una placa arduino y hardware de bajo costo. El diseño de los diferentes componentes de la precámara se realizó utilizando el software SolidWorks, y luego se utilizó la tecnología de fabricación aditiva (impresión 3D), para su construcción y posterior ensamblado. Los primeros ensayos realizados del control de la temperatura del aire fueron alentadores, permitiendo encontrar un sistema muy sencillo y de bajo costo.

Palabras claves: Precámara de secado, control automático de temperatura, arduino.

1. Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas Apropriadas (GITEA) de la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional.

2. Correo electrónico: rubenspotorno@yahoo.com

3. Laboratorio 3D de la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional.

4. Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional.

(*) Cómo citar este artículo: Spotorno, J., Pochettino, J., Ambrosig, R., Pinatti, G., Vargas, O., Veppo, J. y Figueredo, G. (2023). *Diseño y construcción de una precámara destinada al control de temperatura del aire para el secado solar de vegetales de alimentación fisiológica saludable*. Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica: claves para el desarrollo, 8(2), 05-13. <https://doi.org/10.30972/eitt.827242>

Abstract

In the present work, the design and construction of experimental equipment destined to the solar drying of healthy physiological food vegetables is exposed. The design and construction of a pre-chamber is presented, where the air temperature control is carried out, before entering the drying chamber itself. Automatic air temperature control is done using an Arduino Board and low cost hardware. The design of the different components of the prechamber was carried out using SolidWorks software, and then additive manufacturing technology (3D printing) was used for its construction and subsequent assembly. The first tests carried out on air temperature control were encouraging, allowing a very simple and low-cost system to be found.

Key-words: *Pre drying chamber, automatic temperatura control, arduino.*

Introducción

La mayoría de los alimentos se pueden consumir en estado fresco. Pero si deseamos aprovechar estos productos en diferentes épocas del año sin causar mayores pérdidas en sus propiedades nutritivas, es necesario transformarlos, de tal manera que los organismos putrefactores y las reacciones químicas no se desarrollen [1]. El secado solar es una técnica utilizada desde hace varios siglos para la conservación de alimentos, en el mismo se trata de aprovechar uno de los recursos renovables más abundantes que nos provee la naturaleza. Para dar cuenta de la efectividad de estos sistemas [2], refieren que con sus equipos de deshidratación solar llegaron a tener alimentos secados de 14 meses de antigüedad en buen estado de conservación y aptos para su consumo, sin necesidad de otras medidas de conservación adicionales.

El proceso de secado solar de diferentes productos se ha incrementado a nivel mundial, con la finalidad de disminuir los costos energéticos que implica la utilización de sistemas que utilizan gas y/ o energía eléctrica para desarrollar el mencionado proceso.

La región del Nordeste Argentino posee niveles de radiación solar apropiados para el desarrollo de secaderos solares, de diferentes tecnologías, que permiten utilizar una energía gratis, renovable y sin producir contaminación ambiental.

El proyecto surge a partir de una necesidad vital de conseguir alimentos conservados de alta calidad nutritiva sin que pierdan su valor energético mediante

el secado solar a temperaturas menores a los 45°C, para producir texturas más crujientes, sabor más marcado y una mayor conservación del producto. Al deshidratar los productos a temperaturas menores de 45°C, se consigue preservar las vitales encimas y vitaminas. El grupo de investigación G.I.T.E.A (Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas Apropriadas), en el presente trabajo, diseñó y construyó una precámara de control de temperatura del aire de secado, de productos de alimentación fisiológica saludable.

Materiales y Métodos

En la figura 1 se puede observar el sistema de secado solar propuesto para productos de alimentación fisiológica saludable. En la misma se aprecia el colector solar de placa plana de agua caliente con su respectivo acumulador. Antes de la cámara de secado propiamente dicha se encuentra la precámara donde se realiza el control de la temperatura del aire. El proceso de circulación del agua entre el intercambiador de calor y el calefón solar lo realiza una bomba. En el caso de lluvias o escasa radiación solar, un termostato graduado a 45°C activa una resistencia eléctrica ubicada en el interior del acumulador del calefón solar, permitiendo continuar el calentamiento de agua, con la finalidad de no interrumpir el proceso de secado.

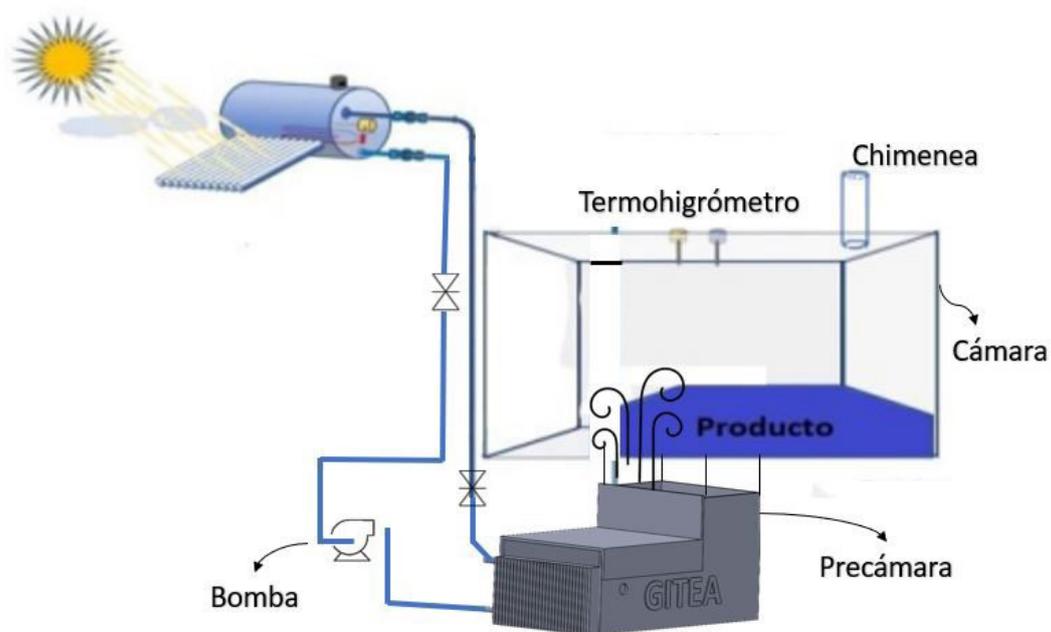


Fig. 1: Esquema representativo del sistema de secado solar

Precámara de control de la temperatura del aire

Con la finalidad de controlar la temperatura del aire antes de su ingreso a la cámara de secado propiamente dicha, se construyó una precámara cuyos componentes se observan en la figura 2. Posee un sistema de clapetas que permiten regular el caudal de aire caliente, antes de su ingreso a la cámara de secado. Se optó por un sistema de doble clapetas, que se construyó con policarbonato de 3 mm de espesor. Las mismas se sujetaron mediante unas mordazas a un eje que es comandado por un motor paso a paso para su apertura o cierre, y cuyo apagado o encendido lo realiza un arduino, que permite regular la temperatura del aire de forma tal que no supere los 45°C.

Para la colocación de los coolers se realizó una base, la cual fue diseñada y construida para que se afirmen correctamente. Ambos coolers impulsan el aire que pasa por el intercambiador de calor y luego ingresa a la cámara de secado propiamente dicha.

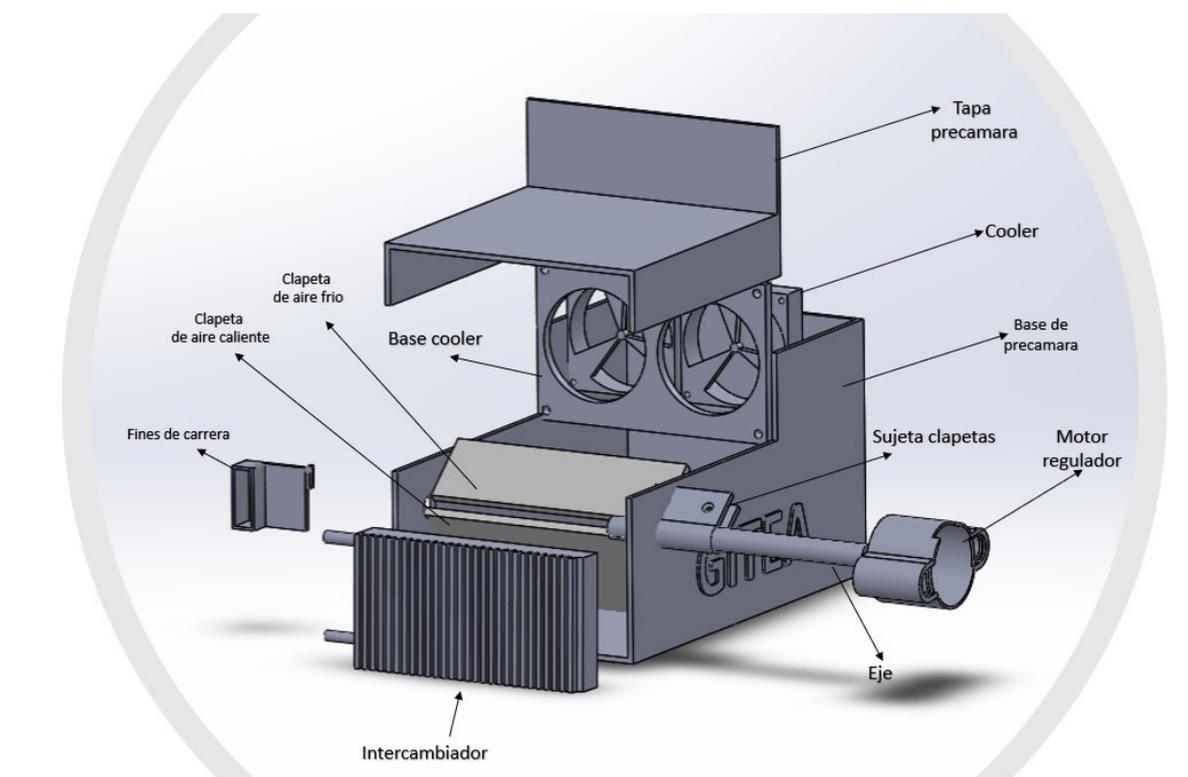


Fig. 2: Esquema de la precámara de control de la temperatura del aire

Los fines de carrera o sensores electromecánicos, dispuestos en el exterior de la precámara, detectan la posición de las clapetas de la apertura o cierre total de las mismas, enviando la señal para detener el funcionamiento del motor.

Todos los accesorios fueron diseñados con el software SolidWorks, para luego utilizar la tecnología de fabricación aditiva (impresión 3D), para la ejecución y

posterior ensamblado de las diferentes partes. En este caso se utilizó un polímero biodegradable denominado PLA (Ácido Poliláctico), ya que este material nos permite utilizarlo a las temperaturas que trabajara la precámara.

En la figura 3 se observan fotografías de la precámara de secado con sus componentes.

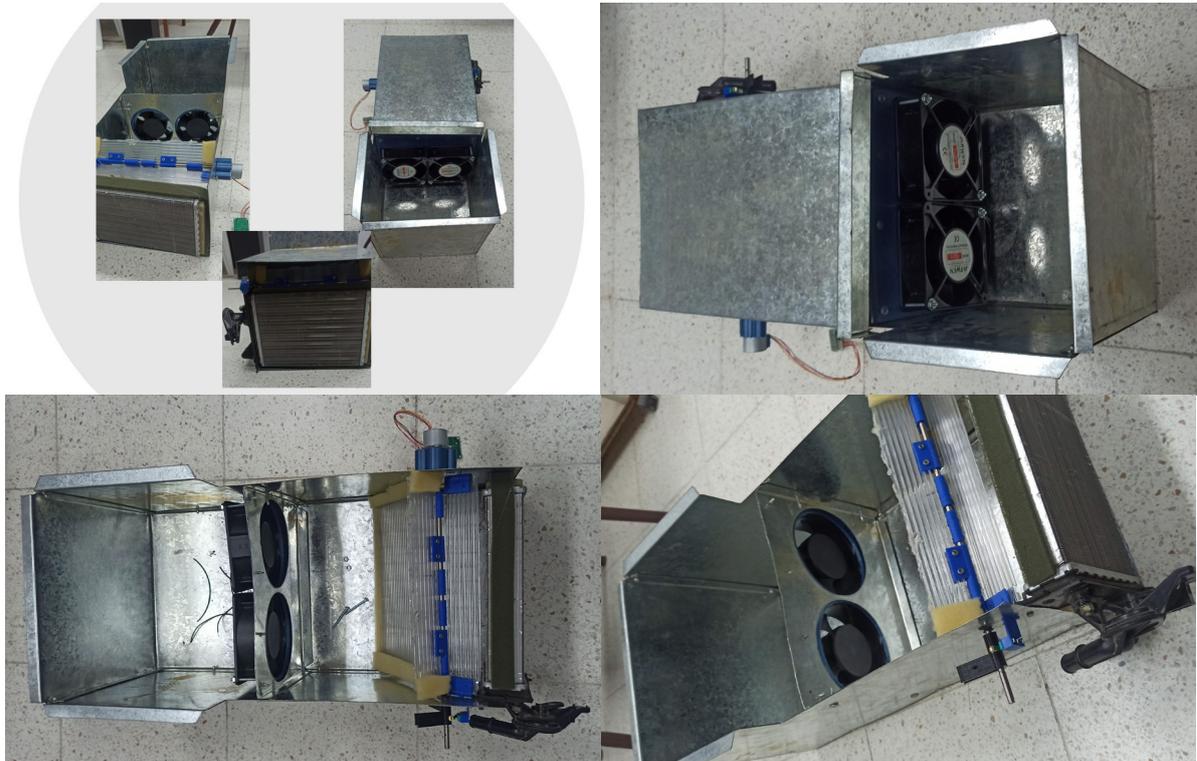


Fig. 3: Fotografías de la precámara de control de la temperatura del aire

Control de temperatura del aire en la precámara

En la precámara de secado ingresan dos masas de aire, una por la parte superior del intercambiador de calor y la otra a través del mismo. Al ingresar a la precámara ambas masas de aire se mezclan y alcanzan una temperatura de equilibrio.

El propósito es regular la temperatura del aire en la precámara de secado manteniéndola constante, para luego ingresar a la cámara de secado propiamente dicha. Esto se logra mediante un sistema de doble clapetas, mientras una obtura una sección del conducto, al mismo tiempo se abre la otra, modificando así la temperatura de equilibrio del aire que se alcanza adentro de la precámara.

Ambas clapetas están vinculadas al mismo eje, cuyo movimiento es comandado por un motor paso a paso. El microcontrolador programable registra la temperatura dentro de la precámara y envía las señales al motor para modificar la apertura y/o cierre de las clapetas.

En la figura 4 se observa el esquema de control de la temperatura en la precámara.

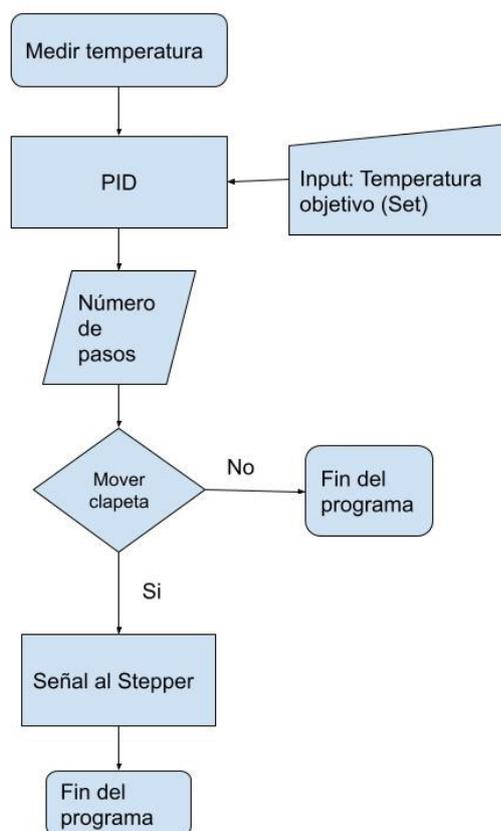


Fig. 4: Diagrama de flujo del programa de control

Funcionamiento del control PID

El control PID a efectos de este trabajo lo analizamos como una función de caja negra. En los inputs o entradas de esta función tenemos la temperatura en la pre-cámara registrada por el sensor (T); la temperatura objetivo configurada manualmente (Set) y las tres constantes del PID: de Integración (K_i), derivativa (K_d) y proporcional (K_p). Como salida la función PID arroja un valor numérico entero comprendido en el rango de -128 a 127 .

Cuando la temperatura en la precámara es superior a la temperatura objetivo, el resultado será negativo, y será mayor en módulo cuanto más alejadas se ubiquen estas temperaturas entre sí. Lo análogo ocurre cuando la temperatura de la precámara es inferior a la deseada, el resultado de la función es positivo. Una vez evaluada la condición de la temperatura en la precámara y obtenida la salida de la función PID se evalúa mover o no la clapeta. Se decide ignorar salidas inferiores de un valor previamente configurado, porque al acercarse a la posición de equilibrio puede existir un retardo de tiempo hasta que se mezcle el aire en la precámara y alcance su temperatura de equilibrio final. La razón para evaluar esta condición de

la salida, es ahorrar energía eléctrica al no tener que excitar las bobinas del motor por movimientos relativamente pequeños.

La cantidad de pasos que ejecuta el stepper en cada ciclo será igual al valor de salida que arroja la función PID. Por lo tanto, podemos decir que el PID regula directamente el ángulo de apertura de las clapetas.

El control del motor paso a paso está programado con una librería [3], desarrollada para tal propósito. Los parámetros de la función de giro del motor son: la velocidad de giro, que es prefijada y el número de pasos calculado por la función PID. El sentido de giro queda determinado también por la función PID, ya que su resultado puede tomar valores positivos como negativos.

Medición de la temperatura

Para la medición de la temperatura en la precámara se decidió utilizar un sensor digital DS18B20. La ventaja de este modelo de sensor es que produce directamente una señal digital de salida en lugar de ser una resistencia variable, lo que simplifica el conexionado y el código del programa. La plataforma Arduino cuenta con la librería DallasTemperature [4], desarrollada para utilizarse con este modelo de sensor, donde la misma posee un algoritmo que realiza la conversión del valor de bits a grados centígrados con un error menor a 0.01°C .

Otro motivo para la elección de este sensor es que cuentan con un identificador serial único, lo que permite conectar varios sensores a un mismo cable de señal. En este trabajo no se utiliza esta función, pero nos brinda la posibilidad en el futuro, utilizar más sensores, sin grandes modificaciones al código o al conexionado, por ejemplo para medir la temperatura del agua en el intercambiador de calor o para medir la temperatura en varios puntos de la precámara de secado al mismo tiempo. En la figura 5 se observa el sensor utilizado para el control de la temperatura del aire en la precámara.

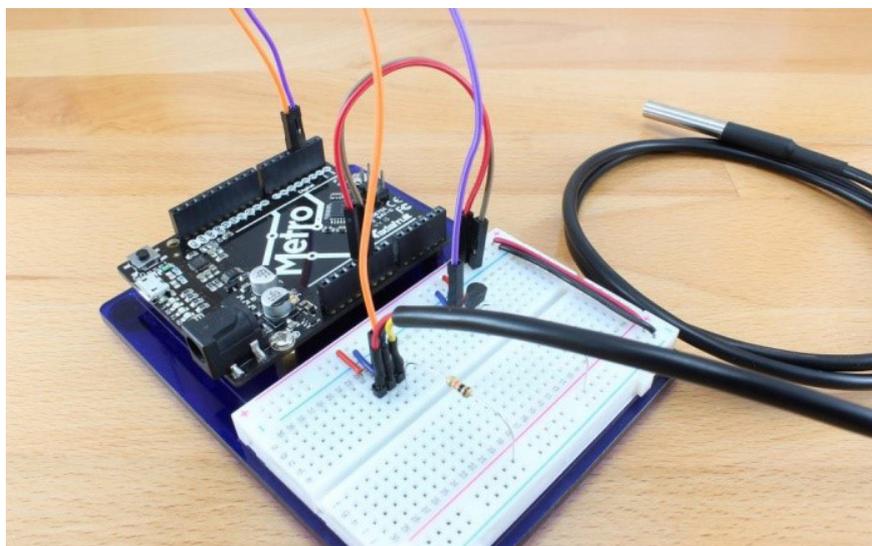


Fig. 5: Sensor DS18B20

Motor paso a paso

Se seleccionó el motor 28BYJ-48 por su sencillez de operación y su reducido tamaño que lo convierte en una buena opción para montar en el prototipo.

Se trata de un motor paso a paso unipolar que es posible hacer funcionar en paso completo o medio paso. Funcionando en paso completo, el rotor necesita 32 pasos para dar un giro completo, mientras que el medio paso incluye una posición intermedia, por lo tanto, requiere 64 pasos el rotor para dar un giro completo. Finalmente cuenta con una reducción 1/64 en la salida al eje motriz, por lo que en este eje se tiene una resolución de 2038 pasos por giro funcionando en paso completo. Se utiliza en el modo paso completo por brindarnos ligeramente mayor torque para mover la clapeta [5] y dado que mayor resolución del movimiento no brinda ningún beneficio para el control de la temperatura de la precámara. En la figura 6 se observa el motor paso a paso seleccionado.

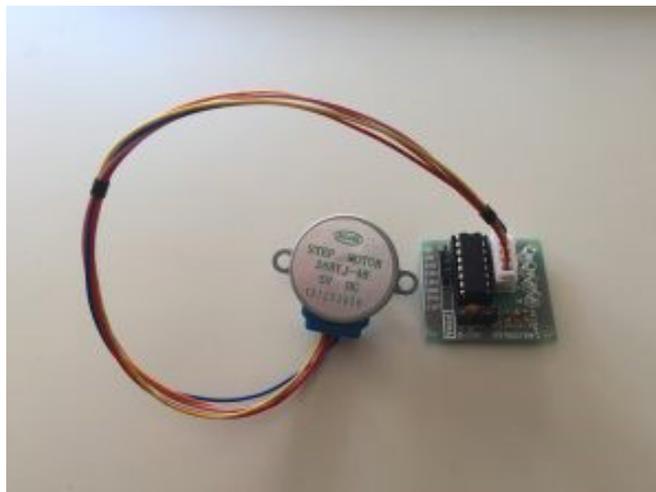


Fig. 6: Motor paso a paso

Conclusiones

Se diseñó y construyó una precámara, donde se realiza el control de la temperatura del aire de secado, de productos de alimentación fisiológica saludable.

Se realizó el desarrollo y construcción del sistema de control de la temperatura del aire, utilizando una placa arduino, motor paso a paso, sensor de temperatura, y finales de carrera.

El diseño de los diferentes componentes de la precámara se realizó utilizando el software SolidWorks, y luego se utilizó la tecnología de fabricación aditiva (impresión 3D), para su construcción y posterior ensamblado.

La utilización de materiales para la construcción de la precámara y los componentes del sistema de control de temperatura del aire son de bajos costos, logrando un desarrollo accesible para su implementación.

Los primeros ensayos realizados del control de la temperatura del aire fueron alentadores, permitiendo encontrar un sistema muy sencillo, que permite implementarse en usuarios que utilizan energía solar para la deshidratación de productos.

Bibliografía

- [1] Vázquez, Camacho, Fernández, & Fernández. (1997). Manual del secado solar técnico de alimentos. Cochabamba: Energética: FAKT; RC-Ricerca e Cooperazione.
- [2] Jiménez, J; Royo, L. (2014). Secado de alimentos mediante energía solar. 3C Tecnología, 3 (4), 234-244. Recuperado en junio de 2021.
- [3] Tom Igoe. (2019). Stepper Library (Version 1.1.3) <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/stepper/>
- [4] Miles Burton. (2020). Dallas Temperature (Version 3.9.0). <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/dallastemperature/>
- [5] Yousef, Ayman & Mostafa, M. (2016). Simulation and Implementation of Multiple Unipolar Stepper Motor Position Control in the Three Stepping Modes using Microcontroller. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 4. 10.11591/ijeecs.v4.i1.pp29-40.