



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE UNA CÁMARA DE
DESHIDRATACIÓN PARA SU CARACTERIZACIÓN**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTA:
JANET SARAI VÁZQUEZ FLORES**

**NOMBRE DEL ASESOR:
DOCTOR VICENTE FLORES LARA**



APIZACO, TLAX., ABRIL 2021



Tzompantepec, Tlaxcala, **06/octubre/2025**

Oficio No. MM-597/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	JANET SARAI VÁZQUEZ FLORES
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	15370935
Nombre del Proyecto:	"ESTUDIO EXPERIMENTAL DE UNA CÁMARA DE DESHIDRATACIÓN PARA SU CARACTERIZACIÓN".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL-MECÁNICA

VICENTE FLORES LARA
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
{241} 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **17/octubre/2025**

VÁZQUEZ FLORES JANET SARAI
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
EN MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 15370935.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **ESTUDIO EXPERIMENTAL DE UNA CÁMARA DE DESHIDRATACIÓN PARA SU CARACTERIZACIÓN**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo

CYAL/rrc



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Agradecimientos

A través de todos estos años como estudiante he tenido la oportunidad de conocer a profesores, amigos y gente increíble que me ha apoyado e impulsado, especialmente quiero agradecer al Doctor Vicente Flores Lara y al Doctor Marcos Bedolla Hernández por sus enseñanzas tanto en la carrera como en la realización de este proyecto.

También a mis padres, mi hermano y mi familia por apoyarme en todos mis sueños e impulsarme a ser mejor persona y estudiante.

De igual manera agradezco a todos mis profesores y compañeros, en los que encontré una segunda familia, que a pesar de los tropiezos y dificultades logramos mejorar y salir adelante en la carrera, en mi querida escuela, el Instituto Tecnológico de Apizaco, que a través del tiempo que tuve la oportunidad de estar pude aprender muchas cosas de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, volver a una de mis pasiones, el Ajedrez y vivir en Perú por un semestre, lo que me ha dado una gran experiencia de vida y ganas de seguir mejorando.



Resumen

En este proyecto se presenta la primera etapa de la implementación de un sistema de adquisición de datos para un deshidratador solar, es decir, la selección de sensores, del software a utilizar y la programación, en este caso se utilizó un Arduino UNO y ocho sensores de humedad y temperatura DHT22, se establecerá cómo se adquieren los datos para su monitoreo y posterior análisis.

En el caso de la programación se utilizó el IDE de Arduino y el complemento disponible en Excel para adquirir directamente los datos de cada uno de los sensores y almacenarlos en una hoja de Excel, de tal manera que se podrán graficar y comparar resultados. Para el caso de los sensores se eligió el DHT22 debido a que cumple con las especificaciones requeridas, que es obtener la temperatura y humedad relativa del deshidratador solar y el Arduino porque es muy versátil, a diferencia de los microcontroladores no necesita un programador además de la misma placa, fuente de alimentación externa y en caso de que en un futuro sea necesario adicionar elementos de monitoreo y/o control, es perfectamente capaz de soportarlo.

Al desarrollar este proyecto se encontró que el uso de Excel junto con el Arduino tiene muchos beneficios, al tratarse de adquirir datos de sensores y almacenarlos en Excel, no es necesario realizar otro tipo de programación, más que la del IDE de Arduino y enlazar correctamente, no es complicado y se puede realizar cambios o mejoras de manera relativamente rápida.



Contenido

Introducción.....	7
Descripción de la empresa u organización.....	8
Problemas a resolver.....	8
Objetivos del proyecto.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	9
Justificación.....	9
Marco teórico.....	10
Antecedentes.....	10
Tipos de secadores solares.....	12
Sistemas implementados.....	14
Sistema de Adquisición de Datos (DAQ).....	15
Principales variables del deshidratador.....	19
Sensores.....	20
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	25
Investigación bibliográfica de deshidratadores solares.....	25
Selección y adquisición de sensores para el registro de temperatura y humedad.....	25
Selección de hardware y software para la adquisición, control y almacenamiento de datos.....	26
Desarrollo del sistema de adquisición de datos.....	33
Conclusiones.....	41
Competencias desarrolladas.....	41
Fuentes de información.....	42



Índice de figuras

Figura 1	Secador solar tipo carpa	12
Figura 2	Secador solar tipo armario	13
Figura 3	Secador solar tipo túnel	14
Figura 4	Esquema básico de un sistema de adquisición de datos	16
Figura 5	Ejemplo de aplicación de sensores	21
Figura 6	Clasificación de sensores según aporte de energía	22
Figura 7	Dimensiones de sensor DHT22	25
Figura 8	Partes del IDE Arduino	26
Figura 9	Iconos de los botones de acceso rápido	27
Figura 10	Configuración para la conexión con la placa	28
Figura 11	Selección de puerto COM	28
Figura 12	Configuración de Excel	29
Figura 13	Iconos del complemento Transmisor de datos	29
Figura 14	Arduino UNO parte frontal	31
Figura 15	Arduino UNO partes	32
Figura 16	Programa de Arduino: Configuraciones iniciales	34
Figura 17	Programa de Arduino: Comandos de arranque	35
Figura 18	Programa de Arduino: Código	35



Figura 19	Figura 19 “Programa de Arduino: Código continuación”	36
Figura 20	Programa de Arduino: Código final	37
Figura 21	Almacenamiento de datos en Excel	38
Figura 22	Ejemplo de conexión entre Arduino y sensor	40
Figura 23	Conexión física de los 8 sensores DHT22	40

Índice de tablas

Tabla 1	Clasificación de sensores según la magnitud a medir	23
---------	---	----

Índice de diagramas de flujo

Diagrama de flujo 1	Funcionamiento del programa	33
---------------------	-----------------------------	----

Índice de gráficas

Gráfica 1	Ejemplo de variación de temperatura	39
Gráfica 2	Ejemplo de variación de humedad	39



Introducción.

Debido a la gran demanda que existe actualmente a nivel mundial de alimentos, ha provocado una enorme producción para satisfacer esta demanda, sin embargo, los desperdicios de alimentos ascienden incluso al 40% en la postcosecha y procesamiento de los alimentos, y si además, a esto se le suma los gastos de producción que son limitados y que la población mundial aumenta a diario, en pocos años el lograr abastecer la demanda de alimentos será muy complicado y tendrá repercusiones en todos los aspectos de nuestra vida diaria.

Desde hace mucho tiempo se ha incursionado en el área de desarrollo tecnológico de los deshidratadores solares, los cuales al funcionar con energía renovable y tener el objetivo de extraer el agua de los alimentos para aumentar su durabilidad, pues sin la presencia de esta, el desarrollo de hongos y bacterias tarda más en aparecer y por lo tanto los alimentos tienen la oportunidad de llegar a lugares más retirados o de mantenerse por mayor tiempo en óptimas condiciones de consumo. Por lo que es una solución bastante viable para reducir el desperdicio de alimentos a nivel global, ya que se puede implementar en casi cualquier lugar.

En el proceso de secado de los alimentos es necesario obtener datos como temperatura y humedad para conocer el comportamiento del sistema y que este funcione adecuadamente. Por este motivo se debe poder visualizar las variables físicas en tiempo real para su análisis, para esto se deben implementar los dispositivos de medición y también un sistema que sea capaz de capturar los datos que proporcionen los elementos de medición, los cuales se deben de interpretar mediante las señales eléctricas que otorgan y visualizar en una computadora, es decir un sistema de adquisición de datos.

Por lo que, en esta primera etapa se desarrollará un sistema de adquisición de datos, tanto la parte del programa en el IDE de Arduino y su conexión con Excel, así como del funcionamiento de los sensores, los cuales estarán conectados a un Arduino, para que en la segunda etapa se lleve a cabo la parte del estudio experimental ya directamente sobre el deshidratador solar.



Descripción de la empresa u organización.

El proyecto se llevará a cabo en el Instituto Tecnológico de Apizaco, cuya misión es; una Institución de Servicios de Educación Superior Tecnológica comprometida en la formación de profesionales, que responde a los requerimientos de desarrollo Económico, Científico, Social y Cultural que demanda nuestro entorno, a través de la adecuada integración de nuestros recursos. Y visión es ser una Institución de nivel superior, consolidada, comprometida, competitiva, con excelencia y renombre a nivel nacional, cuyo prestigio se reconozca por los principios, valores humanos, hábitos intelectuales y actitudes profesionales, que permita a nuestros egresados, con espíritu emprendedor y de investigación, contribuir de forma trascendental al desarrollo de todos los sectores de la sociedad.

En el área de metal – mecánica, donde se han desarrollado diferentes proyectos, entre ellos el deshidratador solar, el cual se tomará de base para esta primera fase del desarrollo del sistema de adquisición de datos.

Problemas a resolver.

- Se necesita conocer el comportamiento del sistema.
Debido a que el sistema es un deshidratador solar, es de suma importancia tener datos precisos de su comportamiento, como la temperatura a la que se encuentre en cada momento el proceso de secado, la humedad que hay en el ambiente para monitorear la evolución y saber con certeza su eficiencia y si se encuentra en los parámetros calculados para su funcionamiento.
- El deshidratador solar no cuenta con elementos que permitan su monitoreo.
En cualquier tipo de proceso un sistema de adquisición de datos que permita su monitoreo ayuda a detectar las deficiencias o fallas de manera más rápida, con lo que los problemas se pueden solucionar en menor tiempo, también permite tener datos del funcionamiento en diferentes periodos y en este caso que depende de las condiciones meteorológicas, también ayuda a establecer los parámetros del sistema en cada época del año.



Objetivos del proyecto

Objetivo general

Desarrollar un sistema de adquisición de datos basado en parámetros térmicos para la implementación en una cámara de deshidratación.

Objetivos específicos

- Estudiar el comportamiento termo físico de una cámara de deshidratación para conocer los parámetros que caracterizan su comportamiento.
- Seleccionar los sensores de temperatura y humedad, mediante el rango de operación de la cámara de deshidratación
- Desarrollar la primera etapa del sistema de adquisición de datos, para el monitoreo de parámetros de temperatura y humedad dentro de la cámara de deshidratación.

Justificación.

Actualmente a nivel mundial en la producción de alimentos existen pérdidas que a pesar de que varían respecto a la región aun así son muy grandes, llegando incluso a desperdicio del 40% en fase de postcosecha y procesamiento de la cadena de suministro de alimentos, además los recursos que implica obtener los alimentos en su fase primaria, tales como agua, tierra, etc., son limitados [1]. Lo cual es realmente preocupante si se considera que para el 2050 el abastecimiento mínimo de alimentos tendrá un incremento del 70%. [2]

En el caso de México, de acuerdo con sedesol el desperdicio anual es del 37%, es decir 10 millones 431 mil toneladas de alimentos, lo que equivaldría para alimentar a 7.01 millones de mexicanos que padecen hambre. [4]

Por lo que una alternativa para disminuir las pérdidas de los alimentos y tener un mejor aprovechamiento de los recursos alimenticios generados es la deshidratación, que es una de las técnicas más antiguamente utilizadas para la conservación de alimentos desde principios de la humanidad ya que proporciona al ser humano una posibilidad de subsistencia en época de carencia. Se entiende por deshidratación a la operación mediante la cual se elimina total o parcialmente el agua de la sustancia que la contiene. [3]



Se han construido diferentes tipos de secadores, sin embargo, estos cuentan con deficiencias, pues usan combustibles fósiles o se usan métodos muy rudimentarios, por ejemplo, el secado al aire libre donde únicamente se colocan los alimentos al sol sin ningún equipamiento especial, por lo que al usar un secador solar no solo se usa una fuente renovable, también se evita contaminación.

Además, es necesario conocer el comportamiento del sistema, es decir monitorearlo, para así tener datos precisos en todo el proceso del secado. Por lo que este proyecto se enfocará en la primera etapa de la implementación de un sistema de adquisición de datos, es decir, en el desarrollo del programa en el IDE de Arduino y su conexión directa con Excel para almacenar los datos adquiridos de los sensores.

Marco teórico

Antecedentes

La deshidratación de alimentos se ha usado desde la antigüedad con el fin de preservarlos por mayor tiempo, por un proceso mediante el cual se extrae toda el agua para evitar que se generen bacterias en él, el cual era dejar los alimentos al sol o a la sombra, aunque es más lento, el aspecto original del alimento secado se conservaba mejor.

En la obra “El oro solar y otras fuentes de energía” de Juan Toda (2002) se describe la evolución de algunos sistemas y aplicaciones de la energía solar para cubrir algunas necesidades de la sociedad. Algunos relacionados con paneles fotovoltaicos son:

En los s. XVII y XVIII se construyeron los primeros hornos solares; el ingeniero alemán E. W. Von Tschimhausen, diseñó y construyó un horno solar con un espejo cóncavo parabólico de 1.6 m de diámetro para cocer el barro utilizando en la producción de objetos de cerámica. Además, Jorge Luis Leclerc, conde de Buffon, y A. J. Fresnell y Villette también construyeron hornos solares.

En la exposición mundial de París, celebrada en 1878, se presentaron varios inventos en los que se puede nombrar: una estufa solar, motores solares, colectores y la integración de un motor solar a la prensa de una imprenta.



El científico francés Edmund Bequerel en 1839 descubrió el efecto fotovoltaico que convierte la energía solar a energía eléctrica en celdas electrolíticas, observó que al iluminar uno de los electrodos se producía un voltaje. Más tarde, Charles Fritts construyó las primeras celdas solares de selenio.

Posteriormente en 1954, Gordon Pearson, Darryl Chapín y Calvin Fuller, investigadores de la Bell Telephone desarrollaron las primeras celdas solares basadas en el silicio con impurezas en lugar del selenio. Posteriormente fueron aplicadas en los satélites espaciales Vanguard y Skylab. Estas celdas solares tenían una eficiencia del 15 % y la principal desventaja era su elevado costo.

La planta Solar más grande del mundo se extiende en el desierto estadounidense de Mojave, California; cuenta con 350 mil espejos controlados por computadora y con la capacidad de generar 400 Megavatios.

En México, la Universidad Nacional Autónoma de México tiene instalada una pequeña planta solar prototipo con colectores cilíndricos – parabólicos que siguen el movimiento del sol. La planta tiene una capacidad de 10 a 15 kW [5]

Además, en la deshidratación de alimentos se encuentra:

En el paleolítico, hace 400.000 años, se secaban alimentos al sol: carnes y pescados especialmente.

En la edad de hierro (500 a. C. – 332 a. C.) en Galicia, existe desde entonces la tradición de secar pescados.

Durante la revolución industrial, Diderot, en 1751 describe muchos procedimientos de secado o desecación de alimentos que se llevaban a cabo en Francia, pero no fue sino hasta 1795 que se inventó el cuarto de deshidratación de agua caliente (a 105 °F) sobre tajadas delgadas de hortalizas. [6]

Tipos de secadores solares

Carpa: Es un modelo sencillo, compacto, liviano, plegable y transportable para secar cualquier tipo de alimento en pequeñas cantidades. Está hecho de una estructura metálica (que puede ser también de madera) de la forma de una carpa triangular, cubierta en gran parte por una lámina de plástico transparente, resistente a los rayos ultravioletas (polietileno larga duración) y puede tener diferentes tamaños.

Como se muestra en la *Figura 1*, las aberturas de ventilación están ubicadas abajo, por uno de los lados longitudinales y arriba por el otro, los dos cubiertos de malla mosquitero para evitar el ingreso de insectos. A 20 cm del suelo aproximadamente se encuentra la bandeja de secado removible, consistiendo en un tejido por ejemplo de hilo de nylon. Sobre éste se coloca una gasa o una malla fina sobre la cual se colocarán los productos a secar.

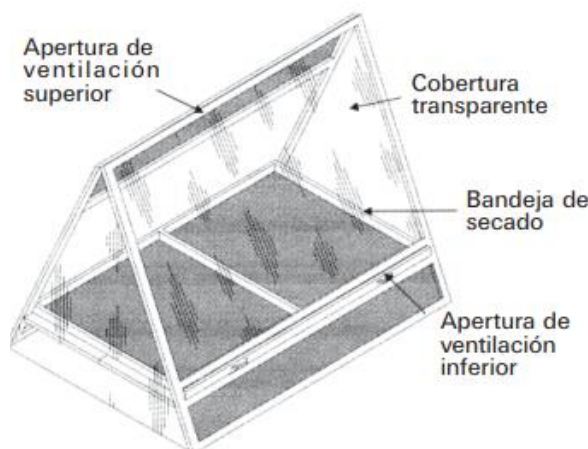


Figura 1 "Secador solar tipo carpa"

Armario: Es un modelo más complejo para secar todo tipo de alimentos, especialmente aquellos que necesitan mantener un buen color y proteger sus propiedades naturales. Consiste en una cámara de secado y un colector solar inclinado, unidos entre sí en la parte inferior de la cámara. En ésta se encuentran superpuestas varias bandejas de secado removibles con tejido. Las bandejas están protegidas por una puerta colocada en la pared trasera de la cámara.

El colector está cubierto con vidrio y tiene en su interior una chapa de color negro doblada en zigzag, para aumentar su superficie de intercambio de calor con el aire. El aire ambiental entra por la extremidad inferior del colector, que está cubierta por una malla mosquitero, y se calienta gradualmente hasta una temperatura de 25 a 30°C superior a la temperatura ambiental.

Entra finalmente en la cámara, donde atraviesa las bandejas ejerciendo su poder secador. Un extractor eléctrico de aire en la parte superior de la cámara garantiza la buena ventilación del aparato, tal y como se puede ver en la *Figura 2*.

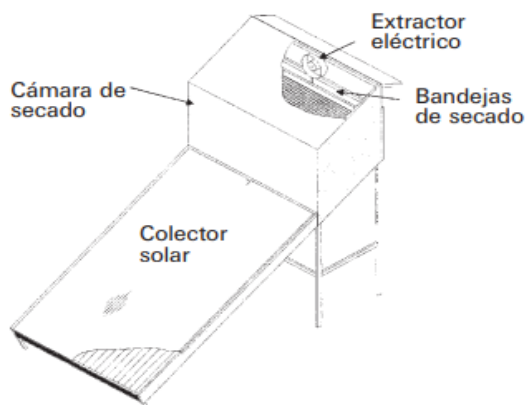


Figura 2 “Secador solar tipo armario”

Túnel: Este modelo sirve para pequeños emprendimientos industriales. Consiste en un túnel horizontal elevado con una base rígida de hierro y una cobertura transparente de lámina de polietileno de larga duración, igual que el tipo carpa. El túnel está dividido en sectores alternantes de colector y secador. Los primeros tienen la función de calentar el aire, que luego en los últimos es utilizado para el secado de los productos en las bandejas.

Como se observa en la *Figura 3*, el aire circula en forma horizontal a través de todo el túnel, ingresa por un extremo y sale por el otro, generalmente con la ayuda de un ventilador eléctrico. En sitios sin energía eléctrica está apoyado por una chimenea ubicada en la salida del secadero. El aparato es una construcción modular plana con marco rígido, compuesta de dos chapas, con una capa de aislante térmico. Esta estructura se coloca sobre caballetes.

Las bandejas de secado son removibles y se pueden estirar lateralmente como los cajones de una cómoda. Por la altura relativamente grande de las bandejas es posible secar también

productos que ocupan mucho volumen, tales como hierbas o flores. La entrada y la salida del aire están protegidas con una malla mosquitero para evitar el ingreso de insectos. El secadero se calienta a una temperatura de 20 a 25°C superior a la temperatura ambiental. Para un mejor aprovechamiento del secadero, se puede agregar un sistema de calefacción auxiliar. [7]

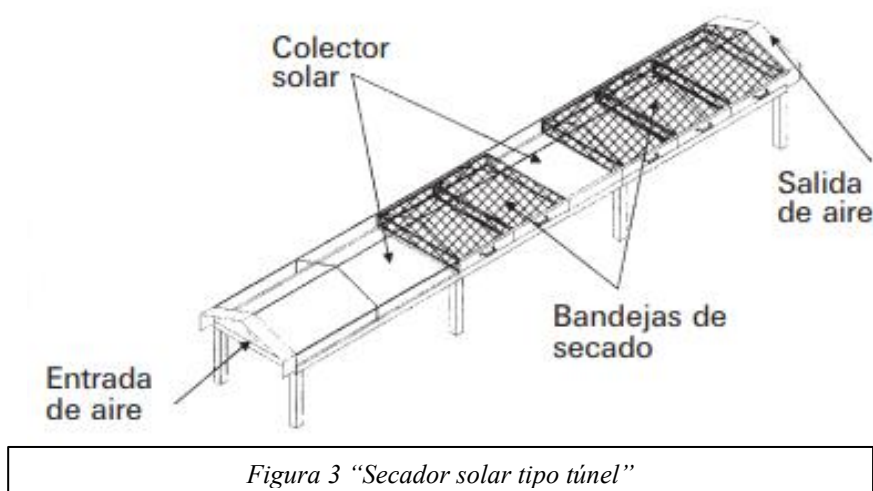


Figura 3 “Secador solar tipo túnel”

Sistemas implementados

En el trabajo “Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos de un prototipo de secador solar” del 2014 el sistema que se implementó para obtener los datos fue mediante el uso de LabVIEW como interfaz hombre-máquina gráfica, para visualizar los datos obtenidos, los sensores de temperatura para el producto que se usaron fueron los LM35, los cuales tiene un rango de medición desde -55°C hasta 150°C, una precisión de escala de medición de 1°C y cada grado centígrado equivale a 10Mv, se ubicaron en las bandejas del secador. Mientras que el sensor de humedad fue el HT-51-D, tiene una precisión de 0.4°C, sencillo de instalar y el rango de medida de humedad es de 0%-100%, ubicados en la entrada, para la temperatura ambiente, en el colector y en la cámara de secado. De esta manera se obtienen los datos de diferentes puntos para su monitoreo.

Por otra parte, en el artículo “Automatización de un deshidratador solar para frutas y hortalizas”, de Arreola-Burciaga Josué Mizraim, Garza-Moya Luis Roberto y Tovar-Rosas



Claudia Roció del 2018. En el cual describe el proceso de la automatización de un deshidratador solar para frutas y hortalizas, la cual principalmente consistió en ajustar y controlar las condiciones ambientales en las que el deshidratador opera, por medio de monitorear el tiempo, humedad ambiente y la temperatura necesaria. La automatización fue mediante una tarjeta Raspberry Pi, para reunir información de distintos sensores para operar actuadores que permitan abrir ventilas, accionar tanto ventiladores como extractores de humedad logrando condiciones ideales en la deshidratación, se anexó una interfaz Web para monitorear y manipular los elementos del deshidratador.

El funcionamiento es el siguiente; de acuerdo con los parámetros obtenidos de los sensores se evalúa si es necesario encender/apagar un ventilador en la entrada del colector para hacer circular el aire caliente hacia el cajón de secado o encender/apagar un extractor en la salida del cajón de secado, para minimizar la cantidad de humedad dentro del deshidratador.

A través de los años se han desarrollado diferentes avances tecnológicos en todas las áreas, que han contribuido a su desarrollo, además la preocupación por el cambio climático, falta de alimentos para satisfacer la demanda mundial que día con día aumenta, agotamiento de fuentes de energía no renovables, han provocado que se busquen más alternativas para solucionar estas situaciones, por lo que para este proyecto se usarán diferentes herramientas para realizarlo.

Sistema de Adquisición de Datos (DAQ)

El sistema de adquisición de datos surge en 1963, cuando IBM produjo computadoras especializadas en la adquisición de datos (IBM 7700 Data Acquisition System e IBM 1800). Los sistemas eran caros y especializados, posteriormente en 1974 fueron superados por las computadoras S-100 y las tarjetas de adquisición de datos, producidas por Tecmar/Scientific Solutions Inc. En 1981 IBM desarrolló el IBM Personal Computador y Scientific Solutions con lo que se introdujeron los primeros productos de adquisición de datos para PC.

Un sistema de adquisición de datos se puede definir como el conjunto de dispositivos, líneas interfaces que realizan la conexión entre los sensores de medición y un ordenador central que realiza el proceso y almacenamiento de información (Josep Balcells, 1997).

En la *Figura 4* se encuentra un esquema básico de un sistema de adquisición de datos, el cual contiene el sensor, el dispositivo DAQ y la PC.



Figura 4. “Esquema básico de un sistema de adquisición de datos”

El principal propósito de un sistema de adquisición de datos es precisamente adquirir y almacenar los datos. Pero también están destinados a proporcionar visualización y análisis de los datos en tiempo real y posteriores a la grabación. Además, la mayoría de los sistemas de adquisición de datos tienen incorporada alguna capacidad analítica y de generación de informes.

Una innovación reciente es la combinación de adquisición y control de datos, donde un sistema DAQ está estrechamente conectado y sincronizado con un sistema de control en tiempo real.

- **Dispositivo DAQ**

Es el que actúa como la interfaz entre una PC y las señales obtenidas de un sistema, funciona como un dispositivo que digitaliza señales analógicas para que la PC sea capaz de interpretarlas. Los tres principales componentes de un dispositivo DAQ para medir una señal son:

1. El circuito de acondicionamiento de señales: Debido a que las señales obtenidas del sistema pueden tener mucha interferencia para ser medidas directamente. El circuito de acondicionamiento de señales adapta una señal para que sea apropiada para un ADC. Este circuito puede tener amplificación, atenuación, filtrado y aislamiento. Algunos dispositivos DAQ incluyen acondicionamiento de señales integrado diseñado para medir tipos específicos de sensores.



2. Convertidor analógico-digital (ADC): Las señales analógicas de los sensores se deben convertir en digitales antes de que lleguen al equipo digital (PC). El ADC es un chip que proporciona una representación digital de una señal analógica en un instante del tiempo. En la práctica las señales analógicas varían de manera continua con el tiempo y un ADC toma muestras periódicas de la señal. Estas muestras son transferidas a la PC mediante un bus.
3. Bus de PC: Los dispositivos DAQ se conectan a una PC mediante un puerto o ranura. Los más comunes son USB, PCI, PCI Express y Ethernet. Aunque recientemente los dispositivos DAQ, han estado disponibles para Wi-Fi para comunicación inalámbrica. Cada bus cuenta con diferentes características para todos los tipos de aplicaciones que hay.

- **Función de PC en un sistema DAQ**

La función de la PC es la de controlar la operación del dispositivo DAQ, se usa para procesar, visualizar y almacenar los datos que se obtienen del sistema que se este monitoreando. Existen distintos tipos de PC usados en diferentes aplicaciones, por ejemplo, una PC de escritorio se puede usar en un laboratorio por su poder de procesamiento, una laptop se puede usar por su portabilidad o una PC industrial se puede usar en una planta de producción por su capacidad.

- **Proceso de adquisición de datos**

Existen diferentes maneras de realizar el proceso de adquisición de datos, se resume de la siguiente manera (Gómez G.):

El proceso de adquisición de datos del mundo físico conlleva los siguientes pasos fundamentales:

1. Utilización de un sensor/transductor adecuado para la variable que se desea medir, el cual permite detectar y convertir la variable física en una señal analógica de voltaje o corriente eléctrica.
2. Acondicionamiento de la señal eléctrica: En esta etapa se resuelven problemas relacionados con la señal obtenida, como son el ruido, la amplitud y/o potencia de la señal, la no linealidad de esta, entre otras.



3. Traducción de la señal eléctrica al lenguaje binario, propio del computador: Este proceso se conoce técnicamente como conversión Analógica/Digital (A/D).
4. Almacenamiento de los datos que, en forma digital, podrán ser almacenados en la memoria del computador y desplegados luego en la pantalla o en otro periférico de este.

Aplicaciones de un DAQ

- Registro de datos
- Almacenamiento de datos
- Visualización de datos en tiempo real
- Revisión de datos posteriores a la grabación
- Análisis de datos utilizando varios cálculos matemáticos y estadísticos.
- Generación del informe

Importancia de los Sistemas de Adquisición de Datos

Los sistemas de adquisición de datos o dispositivos DAQ son esenciales en la prueba de productos, desde automóviles hasta dispositivos médicos, básicamente, cualquier dispositivo electromecánico que utiliza la gente.

Antes de la adquisición de datos, los productos se probaron de una manera no estructurada y altamente subjetiva. Por ejemplo, al probar una nueva suspensión en un automóvil, los ingenieros a menudo confiaban en las opiniones de los conductores de prueba en cuanto a cómo les “sentían” la suspensión.

Con la invención y el desarrollo de sistemas de adquisición de datos, que podían recopilar datos de una amplia variedad de sensores, este tipo de opiniones subjetivas fueron reemplazadas por mediciones objetivas. Estos podrían repetirse, compararse, analizarse matemáticamente y visualizarse fácilmente de muchas maneras. [8]

Implementar un sistema de adquisición de datos es muy útil y cuenta con diferentes ventajas, ya que mejora la eficiencia y la fiabilidad de los procesos, puesto que se cuenta con un dispositivo que monitorea los parámetros para tener la seguridad de que la



maquinaria funciona de manera segura. También contribuye a identificar los problemas más rápido, debido a que las mediciones son en tiempo real y se puede resolver los problemas de manera más eficiente.

De igual manera ayuda en el control de calidad, pues se confirma que el sistema monitoreado cumple con las especificaciones.

Finalmente, un sistema de adquisición de datos permite que el proceso monitoreado sea sin interacción humana, ya que el sistema lleva a cabo el control, la recolección de los datos, así como su seguimiento, por lo que los fallos se identifican rápidamente y el beneficio económico aumenta.

Principales variables del deshidratador

Temperatura

La temperatura, caracteriza el estado térmico del aire al interior del deshidratador y la forma como éste intercambia energía con el alimento o producto a procesar. Como se menciona anteriormente en los procesos de deshidratado solar directo e indirecto, esta energía se transmite mediante la convección natural y forzada respectivamente.

La convección, se define como la transferencia de calor por medio del movimiento de masas, esto desde una superficie hacia el aire en movimiento, conocido como ley de enfriamiento de Newton. Se puede dar de forma natural, por diferencia de temperaturas, o también de forma forzada o artificial por movimiento de aire, por ejemplo, gracias al uso de ventiladores. Cada tipo de alimento a procesar en un deshidratador posee una serie de indicaciones de temperatura que determinan un resultado óptimo:

- Temperatura mínima: Por debajo de este nivel se produce la pérdida de la producción por efecto de las bajas temperaturas, es importante que la temperatura interior de la cámara de deshidratado nunca baje lo suficiente como para que se produzca este fenómeno.
- Temperatura óptima: Este es el nivel de temperatura con el que se alcanza un resultado final óptimo en calidad nutricional y de aspecto en el menor tiempo posible.



- Temperatura máxima: Algunos alimentos pueden sufrir modificaciones de aspecto cuando son expuestos a temperaturas demasiado altas, esto también puede conllevar en algunos casos que la exposición sea prolongada y se produzca la pérdida de nutrientes. Lo que se traduce en mermas, al no ser posible su comercialización.

Humedad relativa

La humedad del aire describe la relación de mezcla entre el vapor de agua y aire seco presente en un volumen de aire determinado. El término de humedad relativa corresponde a la cantidad de vapor de agua contenido en el aire en relación con la máxima cantidad que sería capaz de contener a la misma temperatura y se expresa en [%].

La relación entre la temperatura del aire y la humedad contenida en él es inversamente proporcional, lo que significa que, si se tiene un volumen fijo de aire y este repentinamente aumenta entonces su temperatura, la humedad relativa disminuye. Al contrario, si la temperatura baja, entonces su humedad relativa aumentará, esto continuará hasta que el aire alcance la saturación (el vapor de agua se convierte en gotas gruesas), lo que se denomina temperatura de punto de rocío.

En el deshidratado de alimentos, al interior de una cámara de deshidratado, existen dos procesos de cambio de fase que afectan el contenido de agua en el aire:

- Evaporación: Se presenta cuando se proporciona energía a un cuerpo capaz de evaporarse si la presión de vapor de agua se encuentra por debajo del nivel de saturación. Al evaporarse el agua de un alimento, el vapor de agua pasa al aire aumentando su humedad relativa al mismo tiempo que absorbe energía de su superficie; disminuyendo la temperatura de esta.
- Condensación: La condensación aparecerá en cualquier superficie cuya temperatura está por debajo de la temperatura de punto de rocío, por lo general se da en los techos y paredes, pues estas son las primeras en enfriarse. [9]

Sensores

Un sensor es un dispositivo que permite obtener información del entorno en el que se encuentra, interpreta acciones o señales físicas o químicas para responder en consecuencia

(generalmente mediante la generación de una señal eléctrica), las cuales deben estar en un rango determinado de funcionamiento, según la escala del dispositivo que se esté usando. En la *Figura 5* se muestra un ejemplo de aplicación de diferentes tipos de sensores en una casa, para monitorear diferentes variables.



Figura 5 “Ejemplo de aplicación de sensores”

• Funcionamiento

Los sensores funcionan de acuerdo con los siguientes términos:

Exactitud: Es el grado de un instrumento de medida de dar una lectura aproximada al valor verdadero de la magnitud medida.

Precisión: La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

Rango de funcionamiento: Un sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento, ser exacto y preciso en todo el rango.

Calibración: Es el acto de comparar las unidades de medida del instrumento con otro instrumento. Esta comparación de instrumentos es capaz de dar una lectura más precisa del mismo estímulo medido y que ha sido comparado con un instrumento más preciso. El

sensor debe ser fácil de calibrar, el tiempo y procedimientos de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar ser recalibrado constantemente.

Fiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente durante un periodo determinado bajo condiciones específicas (presión, temperatura, velocidad, etc.). Por lo tanto, el sensor debe tener una alta fiabilidad y no estar sujeto a fallos frecuentes durante su funcionamiento.

Distancia operativa: Depende básicamente del diámetro del sensor (bobina o condensador). Una influencia adicional son las dimensiones y la composición del material, como también la temperatura ambiente. Con los sensores magnéticos se debe tener en cuenta además la alineación y la fuerza del campo magnético.

- **Clasificación de los sensores según:**

Aporte de energía (Figura 6).

- Moduladores: Necesitan una fuente externa de alimentación.
- Generadores: Toman únicamente la energía del medio donde miden.

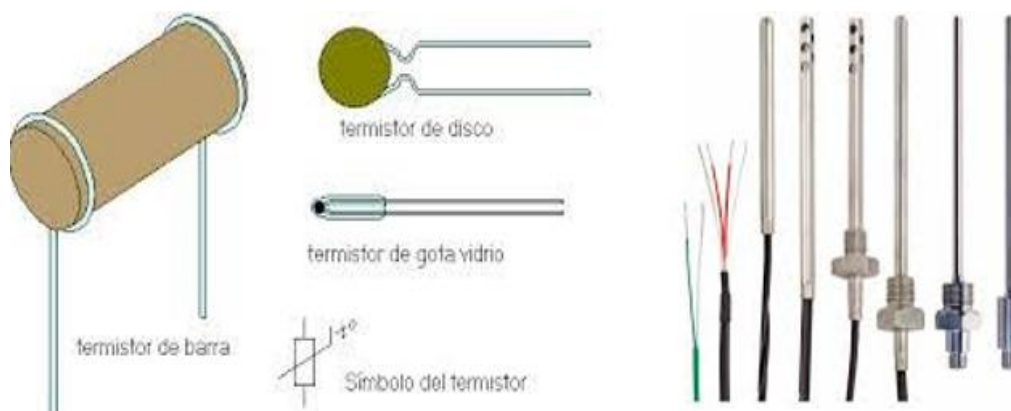


Figura 6 “Clasificación de sensores según aporte de energía (Termistor y Termopar)”

Señal de salida

- Analógicos: La salida varía de forma continua. Normalmente la información está en la amplitud. Cuando la información está en la frecuencia se denominan “cuasi-digitales”.
- Digitales: La salida varía en pasos discretos.

La magnitud a medir

En este caso la clasificación se relaciona directamente con el fenómeno físico que se va a medir. Los sensores pueden ser [10]:

Tabla 1 “Clasificación de sensores según la magnitud a medir”

Tipo de magnitud			Sensor	Señal de salida
Posición	lineal	o	Finales de carrera	Todo-Nada Analógica Digital
	angular		Potenciómetros Encoder	
Pequeños desplazamientos		o	Transformadores diferenciales (LVDT)	Analógica Analógica
	deformaciones		Galgas extensiométricas	
Velocidad	lineal	o	Dinamos tacometricas	Analógica Digital Digital
	angular		Encoder Detectores inductivos	
Aceleración			Acelerómetros Sensores de velocidad + calculador	Analógica Digital
Fuerza y par			Medicion indirecta (mediante galgas o transformadores diferenciales)	Analógicas
Nivel			Flotador + detector desplazamiento	Analógica
Presión			Membrana + detector desplazamiento Piezoeléctricos	Analógica Analógica
Caudal			Presión diferencial (Diafragmas/ tubos de Venturi) De turbina Magnético	Analógica Analógica Analógica
Temperatura			Termostatos Termopares Termorresistencias Resistencias NTC Resistencias PTC Pirómetros	Todo – Nada Analógica Analógica Analógica Analógica Analógica
De presencia	o		Inductivos	Todo – Nada Todo – Nada Todo – Nada Analógica
	proximidad		Capacitivos Ópticos (células fotoeléctricas) Ultrasónicos	
Sistemas de visión artificial			Cámaras de video y tratamiento de imagen Cámaras CCD	Procesamiento por puntos o pixeles

Desplazamiento, posición y proximidad

Los sensores de desplazamiento miden la magnitud que se desplaza un objeto, los de posición determinan la posición de un objeto en relación con un punto de referencia y los de proximidad son una variante del sensor de posición y determinan en qué momento el objeto se mueve dentro de una distancia crítica del sensor.

DHT22

En este caso, se medirá humedad y temperatura por lo que el sensor que se usará es el DHT22, que cumple con ambas funciones.

Ya que, este sensor utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos. Es sencillo de usar, pero solo puede recabar nuevos datos cada 2 segundos.

Es recomendado utilizar una resistencia de 4.7K Ohm en modo Pull-up, entre el pin de datos y VCC.

Características

- Voltaje de Operación: 3V - 6V DC
- Rango de medición de temperatura: -40°C a 80 °C
- Precisión de medición de temperatura: $<\pm 0.5$ °C
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: De 0 a 100% RH
- Precisión de medición de humedad: 2% RH
- Resolución Humedad: 0.1%RH
- Tiempo de sensado: 2s

Conexión y dimensiones

- El primer pin de la izquierda se conecta a la fuente de alimentación 3-5V
- El segundo pin al pin de entrada de datos
- El cuarto pin (último) a tierra [11]

En la *Figura 7* se encuentra el sensor DHT22 con sus respectivas dimensiones y espacio entre pines.

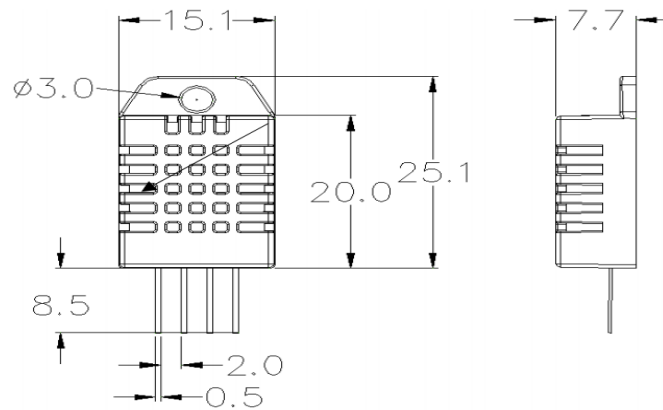


Figura 7 "Dimensiones sensor DHT22"

Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

Investigación bibliográfica de deshidratadores solares

En esta actividad se realizó la búsqueda de información sobre el tema, es decir lo que se ha avanzado y qué aportes han existido a través de la historia respecto a los deshidratadores solares, como surgió, materiales, tipos, etc. Con el fin de comprender mejor el funcionamiento, características y ventajas.

Selección y adquisición de sensores para el registro de temperatura y humedad

En este punto se buscó a detalle los diferentes sensores que existen en el mercado de humedad y temperatura, hay varios que cumplen con la función requerida, sin embargo son sensores independientes, es decir, uno mide la humedad y otro la temperatura, por lo que al momento de colocarlos en el deshidratador solar, el acomodarlos para obtener los datos de un punto específico sería complicado, además son de tamaños diferentes y algunos requieren de un dispositivo para reducir el amperaje, pues al trabajar con Arduino el rango no debe ser mayor de 40 mA en las entradas/salidas.

Por lo tanto, se eligió el sensor DHT22, ya que cumple con ambas funciones, de medir la temperatura y humedad del ambiente, es de tamaño pequeño y trabaja con amperaje adecuado para el Arduino. Para obtener un mejor monitoreo en los datos del sistema se colocarán en 8 diferentes puntos, por lo que se necesitan 8 sensores, además 8 resistencias

de 4.7k para que realicen la función de pull-up, que establece el estado lógico en el pin (high).

Selección de hardware y software para la adquisición, control y almacenamiento de datos

Para elegir el software y hardware usado para este proyecto se tomó en cuenta:

- El software debía comunicarse adecuadamente con los sensores.
- Desde el software se deben recabar los datos de cada sensor para su posterior análisis.
- El sistema debe ser capaz de soportar mas elementos para su monitoreo y/o control.

Por lo que el software elegido fue el IDE de Arduino. Dado que el Arduino es como un pequeño ordenador que ejecuta una serie de códigos previamente realizados, se necesita un programa para poder meter estos códigos a la propia placa. Este programa se llama IDE, que significa "Integrated Development Environment" ("Entorno de Desarrollo Integrado"). Este IDE debe estar instalado en la computadora, es un entorno muy sencillo de usar y en él se escribe el programa para que el Arduino ejecute. Una vez escrito, se carga a través del USB y Arduino comenzará a trabajar de forma autónoma.

Características y funcionamiento

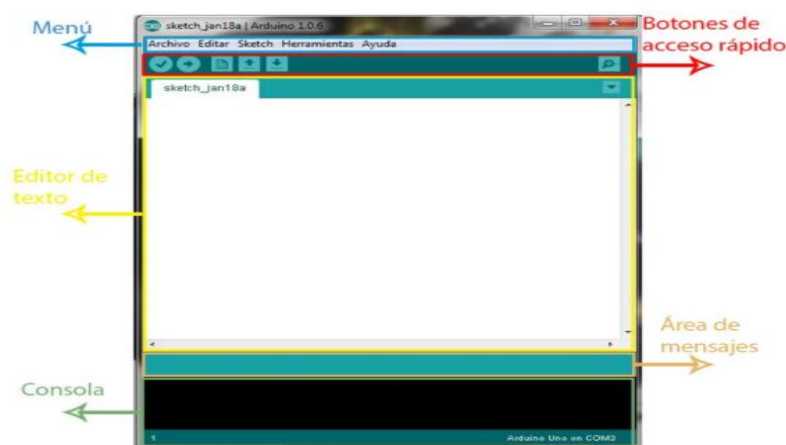


Figura 8 "Partes del IDE Arduino"

La *Figura 8* muestra el IDE de Arduino de un proyecto en blanco, con las siguientes partes:

Menú: hay una zona para acceder a funciones como carga de archivos, edición del texto del código, carga de librerías y ejemplos, configuración, herramientas, etc.

Botones de acceso rápido: se tienen los siguientes iconos (*Figura 9*):



Figura 9 “Iconos de los botones de acceso rápido”

1. Verifica si tu programa está bien escrito y puede funcionar.
2. Carga el programa a la placa de Arduino tras compilarlo.
3. Crea un programa nuevo.
4. Abre un programa.
5. Guarda el programa en el disco duro del ordenador.
6. Monitor Serial, el cual abre una ventana de comunicación con la placa Arduino en la que se puede ver las respuestas que el Arduino está dando, siempre que se tenga el USB conectado.

Editor de texto: Se escribe el código del programa que se quiere que Arduino ejecute.

Área de mensajes: Es donde Arduino irá dando información sobre si la consola está compilando, cargando y sobre los fallos o errores que se produzcan tanto en el código como en el propio IDE.

El siguiente paso es configurar el IDE para que se comunique con la placa Arduino. Para ello se conecta el Arduino mediante el cable USB al PC y después de que el sistema operativo haya reconocido e instalado la tarjeta automáticamente, nos dirigimos a la zona de menú, pulsamos en Herramientas y después en Tarjeta. Ahí se selecciona el modelo de tarjeta Arduino que se tenga, tal y como se muestra en la *Figura 10*.

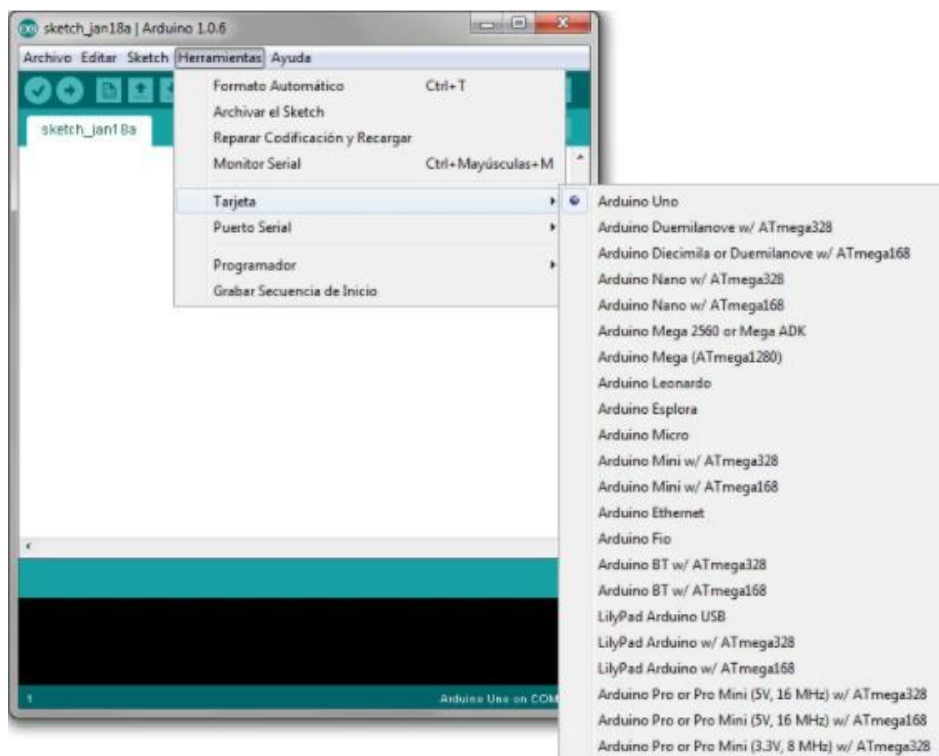


Figura 10 “Configuración para la conexión con la placa”

Después, como se ve en la *Figura 11*, en la opción Puerto Serial y se elige el COM en el que está conectado el Arduino.



Figura 11 “Selección de puerto COM”

Finalmente se carga el programa a la placa Arduino, si todo es correcto se puede observar como el led del Arduino parpadea y si se selecciona el botón de monitor serial se puede observar los datos que se obtienen a través del Arduino. [12]

Además, se conecta directamente Arduino con Excel para el almacenamiento de los datos mediante los complementos COM que están disponibles en Excel (*Figura 12*), que se muestra a continuación.

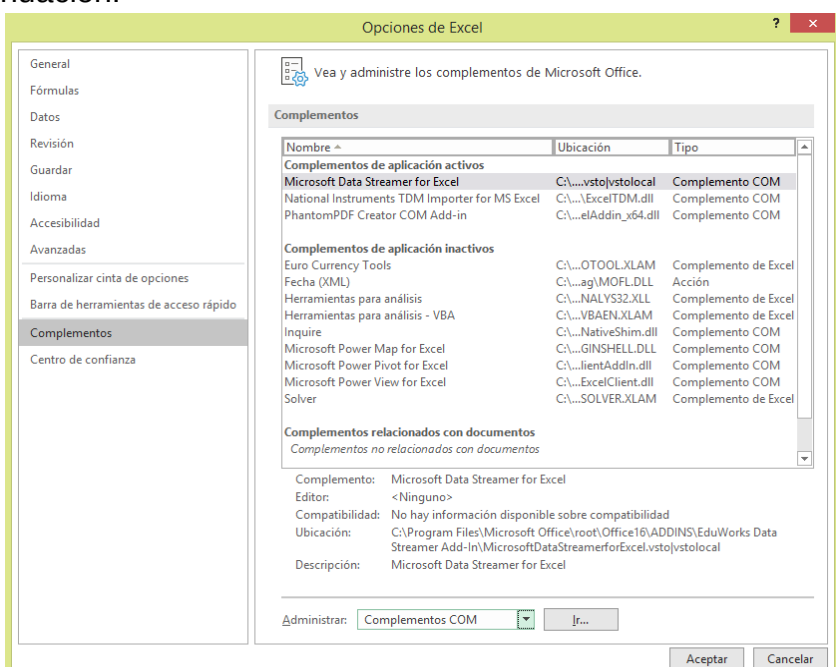


Figura 12 “Configuración de Excel”

Posteriormente se activa y debe aparecer ya la opción de “Transmisor de datos” en la barra de opciones (*Figura 13*), con los iconos siguientes:



Figura 13 “Iconos del complemento Transmisor de datos”



- **Conectar un dispositivo:** En este apartado se muestran los elementos en puertos COM disponibles para conectar, debe reconocer el dispositivo y el puerto COM correspondiente, por ejemplo “Arduino UNO (COM4)”.
- **Importar archivos de datos:** Esta opción permite importar un archivo CSV de datos sin procesar, previamente grabado para reproducirlos.
Un archivo CSV (comma-separated values) es un archivo de texto que almacena los datos en forma de columnas, separadas por coma y las filas se distinguen por saltos de línea. Normalmente sirven para importar o exportar de bases de datos de unas aplicaciones.
- **Iniciar datos:** Inicia la transmisión de datos desde el dispositivo hacia el libro actual.
- **Detener datos:** Detiene la transmisión de datos desde el dispositivo hacia el libro actual.
- **Grabar datos:** Inicia la grabación de datos del dispositivo para importarlos y reproducirlos más tarde.
- **Detener grabación:** Detiene la grabación de datos en directo del dispositivo. Se debe guardar la grabación en archivo CSV, que luego se puede reproducir con la opción “Importar archivo de datos”.
- **Restablecer datos:** Restablece los datos del libro, devolviéndolo al estado original.
- **Avanzado:** Permite establecer más especificaciones con la configuración y controles avanzados. Por ejemplo, seleccionar el puerto COM, velocidad en baudios, etc.

Por la parte de hardware, se eligió el Arduino uno (*Figura 14*), que está basada en un microcontrolador Atmega328. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 4 pueden ser utilizados para salidas PWM), 6 entradas análogas, un resonador cerámico de 16 MHz, un conector para USB tipo hembra, un Jack para fuente de Poder, un conector ICSP y un botón reset.



Figura 14 “Arduino UNO parte frontal”

Tiene todo lo necesario para manejar el controlador, se conecta al computador por medio del cable USB o una fuente de poder externa, que puede ser un adaptador AC-DC o una batería, cabe aclarar que si se alimenta a través del cable USB en el ordenador no es necesario una fuente externa.

Características

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje Operativo: 5v
- Voltaje de Entrada (Recomendado): 7 – 12 v
- Pines de Entradas/Salidas Digital: 14 (De las cuales 6 son salidas PWM)
- Pines de Entradas Análogas: 6
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader.
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del Reloj: 16 MHZ.

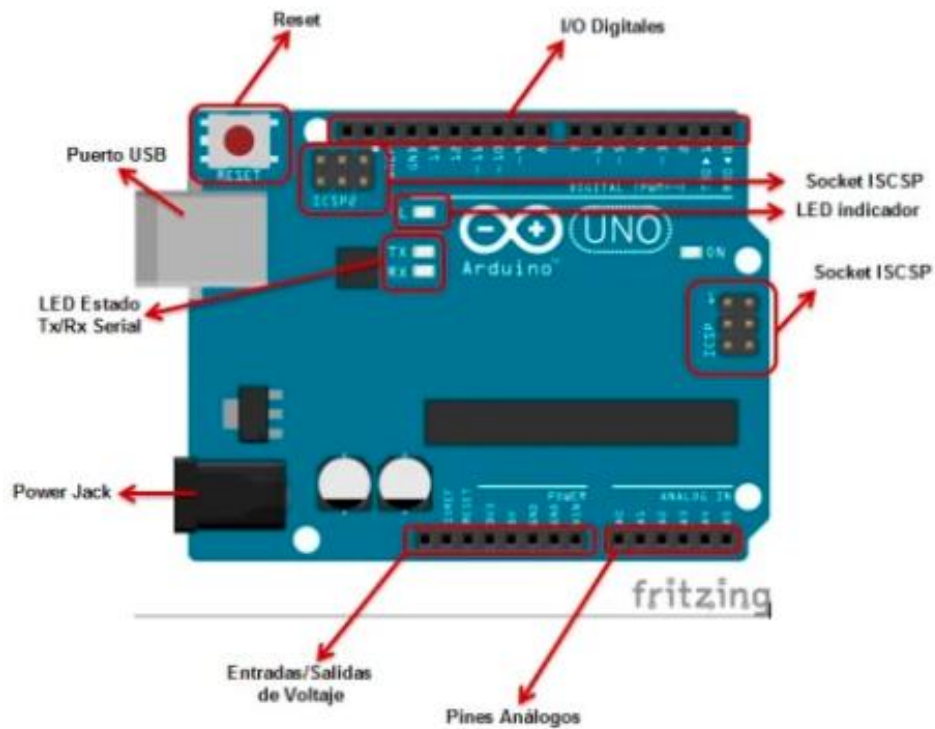


Figura 15 “Arduino UNO partes”

En la *Figura 15* se muestran las diferentes partes que componen el Arduino UNO, como botón de Reset, la alimentación por puerto USB, el LED indicador, entradas analógicas y digitales, entre otros.

Dentro de las ventajas que ofrece es que Arduino es una plataforma de hardware libre, por lo que es posible obtener su esquemático y su diseño, con el fin de hacerlo de manera autodidacta. [13]

Desarrollo del sistema de adquisición de datos

El programa se realizó en el IDE de Arduino, para obtener los datos directamente de los sensores y posteriormente se enlazó con Excel a través del complemento de puertos COM para almacenar los datos.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento del programa.

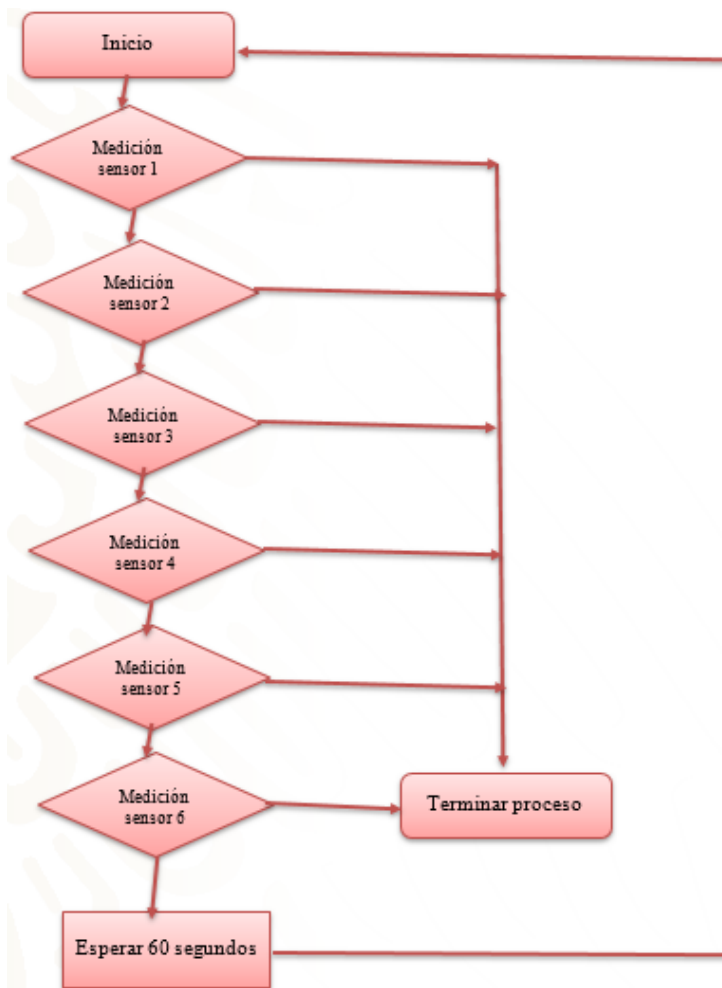
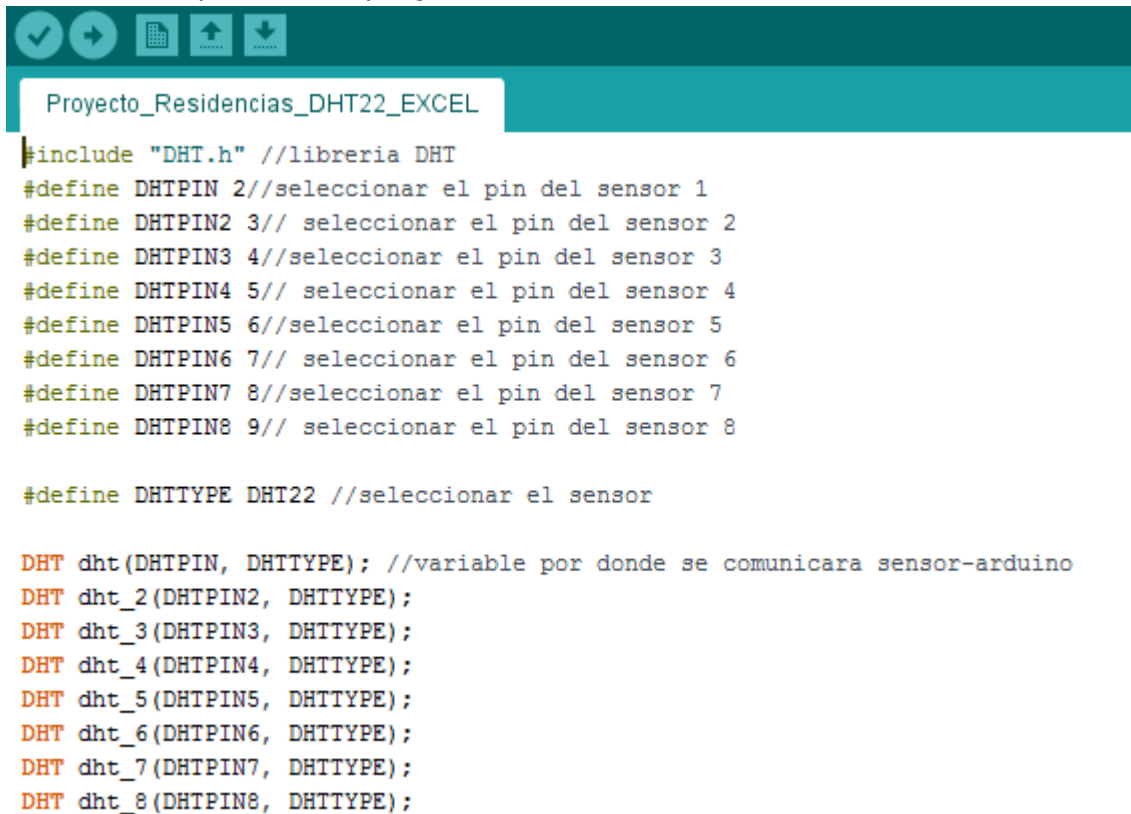


Diagrama de flujo 1 "Funcionamiento del programa"

Resultados

A continuación, se presenta el programa elaborado en el IDE de Arduino.



```
Proyecto_Residencias_DHT22_EXCEL

#include "DHT.h" //libreria DHT
#define DHTPIN1 2//seleccionar el pin del sensor 1
#define DHTPIN2 3// seleccionar el pin del sensor 2
#define DHTPIN3 4//seleccionar el pin del sensor 3
#define DHTPIN4 5// seleccionar el pin del sensor 4
#define DHTPIN5 6//seleccionar el pin del sensor 5
#define DHTPIN6 7// seleccionar el pin del sensor 6
#define DHTPIN7 8//seleccionar el pin del sensor 7
#define DHTPIN8 9// seleccionar el pin del sensor 8

#define DHTTYPE DHT22 //seleccionar el sensor

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //variable por donde se comunicara sensor-arduino
DHT dht_2(DHTPIN2, DHTTYPE);
DHT dht_3(DHTPIN3, DHTTYPE);
DHT dht_4(DHTPIN4, DHTTYPE);
DHT dht_5(DHTPIN5, DHTTYPE);
DHT dht_6(DHTPIN6, DHTTYPE);
DHT dht_7(DHTPIN7, DHTTYPE);
DHT dht_8(DHTPIN8, DHTTYPE);
```

Figura 16 “Programa de Arduino: Configuraciones iniciales”

Como se puede observar en la *Figura 16*, en primer lugar, se agrega la librería que permite la lectura del sensor DHT y se define el tipo de sensor (DHT22), también se definen los nombres de los pines correspondientes a cada uno de los sensores, en este caso deben ser digitales, a partir del pin 2, ya que los pines 0 y 1 están destinados a la comunicación serial que tiene Arduino con la computadora.

Posteriormente se usa la variable “DHT” de cada uno de los 8 sensores (se usan los previamente definidos) para establecer la comunicación entre Arduino-sensor.

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600); //inicia la comunicacion serial  
    | dht.begin(); //Inicia el sensor 1  
    dht_2.begin();  
    dht_3.begin();  
    dht_4.begin();  
    dht_5.begin();  
    dht_6.begin();  
    dht_7.begin();  
    dht_8.begin();  
}
```

Figura 17 “Programa de Arduino: Comandos de arranque”

En la *Figura 17* se muestra la configuración del *void setup*, el cual tiene la función de que al descargar el programa, Arduino da al código creado la oportunidad de participar en la inicialización del sistema. Para ello, se debe especificar al microcontrolador los comandos que ejecutará en el momento del arranque y luego se olvidará de ellos (es decir, estos comandos sólo se ejecutarán una vez al inicio del sistema).

El “Serial.begin” es para establecer la velocidad de la comunicación serial a través de los pines “RX y TX” en bits por segundo (baudios), en este caso la velocidad es de 9600 baudios.

También se debe inicializar la comunicación con cada uno de los sensores, mediante “begin()” y la variable asignada para cada sensor.

```
void loop() {  
    //sensor 1  
    float h = dht.readHumidity(); //p/leer la humedad  
    float t = dht.readTemperature(); //p/leer la T en °C  
  
    Serial.print(t);  
    Serial.print(",");  
    Serial.print(h);  
    Serial.print(",");  
    delay(2500);  
}
```

Figura 18 “Programa de Arduino: Código”

Posteriormente en la *Figura 18* está la función de bucle o “Void Loop”, que es la función principal del programa. Es el lugar donde se deben poner los comandos que se ejecutarán mientras la placa Arduino esté habilitada. Comenzando con el primer comando, el microcontrolador irá hasta el final y saltará inmediatamente al principio para repetir la misma secuencia. Y así un número infinito de veces (siempre y cuando la placa tenga suministro eléctrico).

Al tratarse de medir temperatura y humedad los datos recolectados estarán dados con punto decimal por lo que se necesita definir el tipo de datos “float”, tanto para temperatura como humedad y se selecciona la variable del sensor correspondiente del que se leerán los datos.

Para mostrar los datos de tal manera que Excel sea capaz de reconocerlos se deben *imprimir* separados por comas, de esta manera en Excel al recibir un dato y una coma antes del siguiente dato lo reconoce como datos independientes y los coloca cada uno en una celda. Además, como el tiempo de sensado del DHT22 es de aproximadamente 2s – 2.5s se coloca un “delay” de 2500 ms con el fin de dar tiempo suficiente para la toma de datos del siguiente sensor (*Figura 19*).

```
//sensor 2
float h2 = dht_2.readHumidity(); //p/leer la humedad
float t2 = dht_2.readTemperature(); //p/leer la T en °C

Serial.print(t2);
Serial.print(",");
Serial.print(h2);
Serial.print(",");
delay(2500);

//sensor 3
float h3 = dht_3.readHumidity(); //p/leer la humedad
float t3 = dht_3.readTemperature(); //p/leer la T en °C

Serial.print(t3);
Serial.print(",");
Serial.print(h3);
Serial.print(",");
delay(2500);

//sensor 4
float h4 = dht_4.readHumidity(); //p/leer la humedad
float t4 = dht_4.readTemperature(); //p/leer la T en °C

Serial.print(t4);
Serial.print(",");
Serial.print(h4);
Serial.print(",");
delay(2500);

//sensor 5
float h5 = dht_5.readHumidity(); //p/leer la humedad
float t5 = dht_5.readTemperature(); //p/leer la T en °C

Serial.print(t5);
Serial.print(",");
Serial.print(h5);
Serial.print(",");
delay(2500);
```

Figura 19 “Programa de Arduino: Código continuación”

Como se observa en la *Figura 20*, se realiza el mismo procedimiento para los demás sensores, se leen los datos correspondientes y se muestran separados por comas con su respectivo “delay” de 2500ms.

```
//sensor 6
float h6 = dht_6.readHumidity(); //p/leer la humedad
float t6 = dht_6.readTemperature(); //p/leer la T en °C

Serial.print(t6);
Serial.print(",");
Serial.print(h6);
Serial.print(",");
    delay(2500);

//sensor 7
float h7 = dht_7.readHumidity(); //p/leer la humedad
float t7 = dht_7.readTemperature(); //p/leer la T en °C

Serial.print(t7);
Serial.print(",");
Serial.print(h7);
Serial.print(",");
    delay(2500);

//sensor 8
float h8 = dht_8.readHumidity(); //p/leer la humedad
float t8 = dht_8.readTemperature(); //p/leer la T en °C

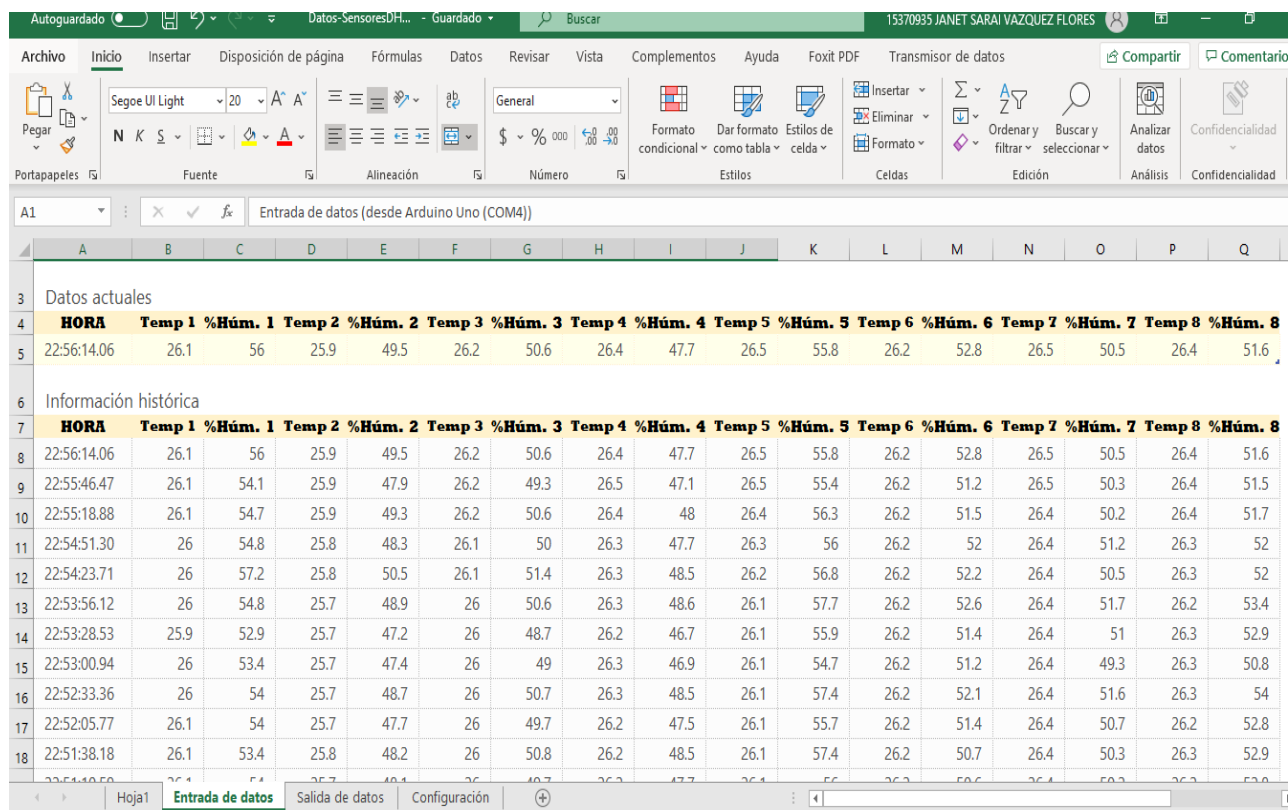
Serial.print(t8);
Serial.print(",");
Serial.println(h8);

    delay(60000);
```

Figura 20 “Programa de Arduino: Código final”

Finalmente en el caso del último sensor (el número 8), para que tanto en el monitor serial de Arduino como en Excel se detecte que es el último de ese paquete de datos se debe poner un salto de línea, esto mediante “println(h8)”. Y por último se deja un “delay” de 60000 ms de espera para la siguiente captura de datos.

Al estar en el void loop, este ciclo se repetirá indefinidamente.

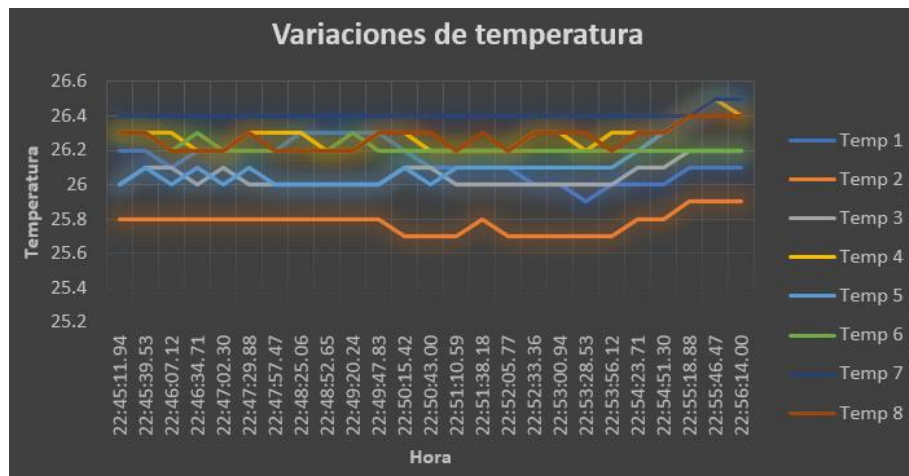


Datos actuales																
HORA	Temp 1 %Húm. 1	Temp 2 %Húm. 2	Temp 3 %Húm. 3	Temp 4 %Húm. 4	Temp 5 %Húm. 5	Temp 6 %Húm. 6	Temp 7 %Húm. 7	Temp 8 %Húm. 8								
22:56:14.06	26.1	56	25.9	49.5	26.2	50.6	26.4	47.7	26.5	55.8	26.2	52.8	26.5	50.5	26.4	51.6
Información histórica																
HORA	Temp 1 %Húm. 1	Temp 2 %Húm. 2	Temp 3 %Húm. 3	Temp 4 %Húm. 4	Temp 5 %Húm. 5	Temp 6 %Húm. 6	Temp 7 %Húm. 7	Temp 8 %Húm. 8								
22:56:14.06	26.1	56	25.9	49.5	26.2	50.6	26.4	47.7	26.5	55.8	26.2	52.8	26.5	50.5	26.4	51.6
22:55:46.47	26.1	54.1	25.9	47.9	26.2	49.3	26.5	47.1	26.5	55.4	26.2	51.2	26.5	50.3	26.4	51.5
22:55:18.88	26.1	54.7	25.9	49.3	26.2	50.6	26.4	48	26.4	56.3	26.2	51.5	26.4	50.2	26.4	51.7
22:54:51.30	26	54.8	25.8	48.3	26.1	50	26.3	47.7	26.3	56	26.2	52	26.4	51.2	26.3	52
22:54:23.71	26	57.2	25.8	50.5	26.1	51.4	26.3	48.5	26.2	56.8	26.2	52.2	26.4	50.5	26.3	52
22:53:56.12	26	54.8	25.7	48.9	26	50.6	26.3	48.6	26.1	57.7	26.2	52.6	26.4	51.7	26.2	53.4
22:53:28.53	25.9	52.9	25.7	47.2	26	48.7	26.2	46.7	26.1	55.9	26.2	51.4	26.4	51	26.3	52.9
22:53:00.94	26	53.4	25.7	47.4	26	49	26.3	46.9	26.1	54.7	26.2	51.2	26.4	49.3	26.3	50.8
22:52:33.36	26	54	25.7	48.7	26	50.7	26.3	48.5	26.1	57.4	26.2	52.1	26.4	51.6	26.3	54
22:52:05.77	26.1	54	25.7	47.7	26	49.7	26.2	47.5	26.1	55.7	26.2	51.4	26.4	50.7	26.2	52.8
22:51:38.18	26.1	53.4	25.8	48.2	26	50.8	26.2	48.5	26.1	57.4	26.2	50.7	26.4	50.3	26.3	52.9

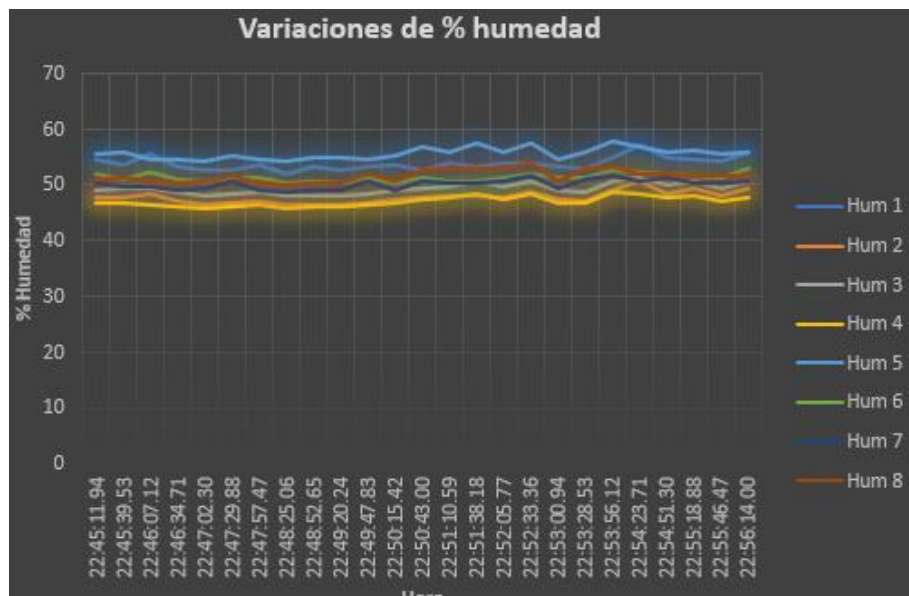
Figura 21 “Almacenamiento de datos en Excel”

Por otra parte, en Excel (Figura 21) así es como se ven los datos recabados. Donde se van mostrando del más reciente al más antiguo y en la parte de configuraciones se puede definir la cantidad de datos que guardará, el tiempo de intervalo entre cada dato, el número de *canales*, es decir, el número de celdas disponibles para la captura de datos, en este caso como se reciben datos tanto de temperatura y humedad de cada sensor, se definieron 16 canales y se renombraron de acuerdo a lo que reciben (temperatura o humedad y de qué número de sensor).

Como se puede observar en la tabla, a pesar de estar conectados todos los sensores en el mismo protoboard, marca variaciones entre ellos.



Gráfica 1 “Ejemplo de variación de temperatura”



Gráfica 2 “Ejemplo de variación de % de humedad”

Gracias a las diferentes herramientas disponibles en Excel, se pueden graficar los diferentes datos obtenidos, tal como se observa en la *Gráfica 1* están los datos recabados correspondientes a variación de temperatura y en la *Gráfica 2* los de variación de humedad.

A continuación, se presenta la conexión necesaria entre el Arduino y el sensor de humedad y temperatura, el DHT22 (*Figura 22*).

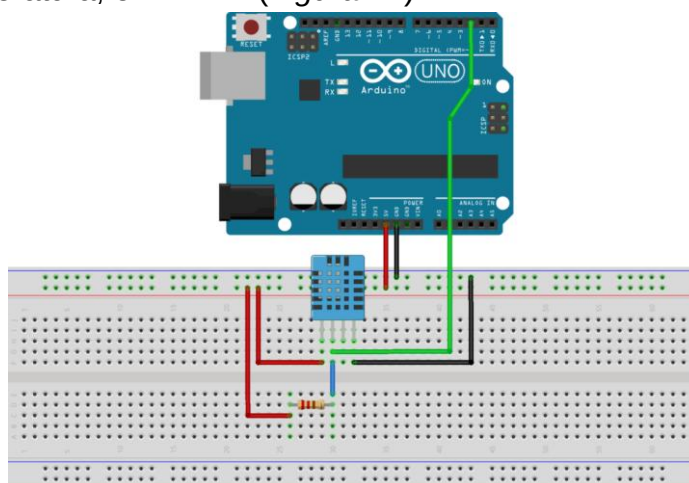


Figura 22 “Ejemplo de conexión entre Arduino y sensor”

También se muestra el circuito físico y su conexión con Arduino – Computadora. En la *Figura 23* se muestra la conexión de los 8 sensores DHT22, cada uno con su respectiva conexión a alimentación y al pin de Arduino UNO correspondiente y la alimentación del circuito que también es a través de Arduino y a su vez este se conecta a la laptop.

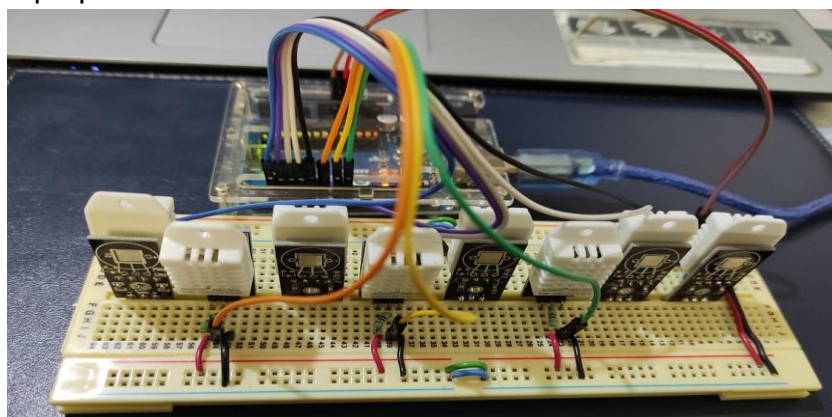


Figura 23 “Conexión física de los 8 sensores DHT22”



Conclusiones

A través de la elaboración de este proyecto pude conocer y aprender mas sobre la importancia de desarrollar ideas que permitan y faciliten la innovación de tecnología basada en energías renovables, que contribuyan a satisfacer la demanda alimenticia, ya que como se mencionó anteriormente, a nivel mundial anualmente existen desperdicios de alimentos del 40%, por lo que si este proyecto se pudiera desarrollar de manera masiva, ayudaría en gran medida a reducir ese porcentaje de manera amigable con el ambiente y por ende que la hambruna mundial también disminuya.

Gracias a las diferentes herramientas tecnológicas que se han desarrollado, este proyecto se pudo realizar de manera satisfactoria, también aprendí más sobre la programación de Arduino, como enlazarlo con otro tipo de programas (en este caso Excel), el funcionamiento de un deshidratador solar, la importancia de monitorear un sistema y definir las variables más importantes, por lo tanto puedo concluir que ha sido de gran utilidad para mi experiencia profesional, pues lo aprendido lo puedo aplicar en futuros proyectos y profundice en otra área con la que no estaba muy familiarizada.

Competencias desarrolladas

Gracias a este proyecto pude desarrollar y aplicar diferentes habilidades, tales como:

- Programación de sensores DHT22.
- Enlace con Excel.
- Uso de Excel para recolectar datos.
- Aplicación de conocimientos de electrónica para seleccionar los sensores.
- Búsqueda y selección de información.
- Redacción de un proyecto, aunque es algo que aún debo mejorar.



Fuentes de información

- [1] J. Gustavsson, C. Cederberg, U. Sonesson, R. van Otterdijk y A. Meybeck. “Perdidas y desperdicio de alimentos en el mundo” para congreso internacional Save Food. Düsseldorf, Alemania 2011, pp. 1-3
- [2] FAO. [Online]. Disponible en: <https://menosdesperdicio.es/definiciones-cifras/cifras#:~:text=El%20desperdicio%20alimentario%20en%20el,millones%20de%20toneladas%20al%20a%C3%B1o>.
- [3] P. Fito, A.M. Andrés, J.M. Barat y A.M. Albors. “Introducción al secado de alimentos por aire caliente”. Universidad Politécnica de Valencia. (2016)
- [4] Sedesol. “Desperdicios de alimentos en México” [Online]. Disponible en: http://www.sedesol.gob.mx/boletinesSinHambre/Informativo_02/infografia.html
- [5] J.C. Lemus, J.C. Rodríguez. “Diseño y construcción de un sistema ciclico de colección, transporte y descarga de energía solar térmica para un deshidratador solar”. Universidad Tecnológica de San Juan del Río (2015). [Online] Disponible en: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/627/1/Tesis%20Julio%20Lemus%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Juan%20Rodr%C3%ADguez%20G%C3%B3mez.pdf>
- [6] Historia del secado. (2020). [Online] Disponible en: <https://sites.google.com/site/salazonadoyseca/historia-de-la-salazon#:~:text=El%20proceso%20de%20secado%20es,sol%3Acarnes%20y%20pescados%20especialmente.&text=En%20Galicia%2C%20hubo%20desde%20siempre,desde%20la%20Edad%20de%20Hierro>.
- [7] UNESCO. “Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes”. [Online] Disponible en: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-GuiaSecaderosolar.pdf>
- [8] National Instruments. “Adquisición de Datos (DAQ)” (2021). [Online]. Disponible en: <http://sine.ni.com/np/app/main/p/ap/daq/lang/es/pg/1/sn/n17:daq/fmid/652/>
- [9] J.A. Orellana. “Automatización y control de un deshidratador solar”. Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile. (2017)
- [10] Sensores y Transductores. [Online]. Disponible en: http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf
- [11] <https://www.todomicro.com.ar/arduino/225-sensor-de-humedad-y-temperatura-dht22-arduino.html#:~:text=El%20DHT22%20es%20un%20sensor,en%20el%20pin%20de%20datos>.



- [12] Open Webinars. "Tutorial Arduino: IDE Arduino". [Online]. Disponible en: <https://openwebinars.net/blog/tutorial-arduino-ide-arduino/>
- [13] Pluselectric. "Arduino UNO: Especificaciones y características". [Online]. Disponible en: <https://pluselectric.wordpress.com/2014/09/21/arduino-uno-especificaciones-y-caracteristicas/>