

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS VIRTUALES
SOBRE LA VARIABLE FLUJO Y HUMEDAD PARA EL
LABORATORIO DE SENSORES Y TRANSDUCTORES DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL MEDIANTE UNA
PLATAFORMA EN LÍNEA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DOS PRÁCTICAS VIRTUALES
RELACIONADA CON LA VARIABLE HUMEDAD PARA EL
LABORATORIO DE SENSORES Y TRANSDUCTORES MEDIANTE
UNA PLATAFORMA DE DESARROLLO EN LÍNEA.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

ESTALIN WILFRIDO CHICAIZA CASA

estalin.chicaiza@epn.edu.ec

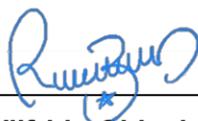
DIRECTOR: MARIA FERNANDA TRUJILLO G.

maria.trujillo01@epn.edu.ec

DMQ, abril 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Estalin Wilfrido Chicaiza Casa declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Estalin Wilfrido Chicaiza Casa

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Estalin Wilfrido Chicaiza Casa, bajo mi supervisión.

MARÍA FERNANDA TRUJILLO G.
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



ESTALIN WILFRIDO CHICAIZA CASA.

MARÍA FERNANDA TRUJILLO G.

DEDICATORIA

A mis invaluableles padres, María y Jorge, cuyas enseñanzas, dedicación y amor han sido el faro que ilumina mi camino a lo largo de esta travesía académica. Su inquebrantable apoyo y sacrificio han sido los pilares sobre los cuales construí cada logro.

A mis hermanos, Robin y Guido, compañeros de aventuras y risas, agradezco su constante aliento y comprensión. Su presencia ha hecho que los desafíos sean más llevaderos y las victorias más significativas.

Este trabajo es un tributo a nuestra familia, un equipo que ha enfrentado desafíos juntos y ha celebrado éxitos colectivos. A ustedes les dedico este logro, con profundo agradecimiento por ser mi fuente constante de inspiración y motivación. Que este trabajo refleje no solo mi esfuerzo, sino también el amor, valores y la unión que compartimos como familia. Gracias por ser la fuerza detrás de mis logros y por ser la razón por la cual este camino ha sido tan significativo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría necesarias durante este viaje académico. También a mi familia, por ser mi sostén inquebrantable. Este logro es fruto de su amor y apoyo constante.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis la Ing. María Fernanda Trujillo G. por su invaluable orientación y liderazgo a lo largo de este trabajo. Su experiencia, dedicación y visión han sido elementos clave para el desarrollo de esta herramienta.

A mis queridos amigos, quiero expresar mi sincero agradecimiento por su apoyo incondicional a lo largo de este viaje. Sus risas, palabras de aliento y momentos compartidos han iluminado mis días y enriquecido mi experiencia. Este logro también es suyo, pues cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi corazón.

Expreso mi sincero agradecimiento a los profesores de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Su dedicación y conocimiento han sido fundamentales en mi formación académica. Gracias por compartir su experiencia y por inspirarme a crecer en este campo. Su contribución ha sido invaluable en mi trayectoria educativa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos.....	1
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Variable Humedad.....	3
1.4.2 Tipos de Humedad	3
1.4.3 Métodos de medición de Humedad de suelo	4
1.4.4 Sensores y humificadores	11
1.4.5 Tipos de control usados para la variable humedad	18
1.4.6 Software para la virtualización	19
2 METODOLOGÍA.....	20
2.1 Prácticas de humedad.....	20
2.2 Diseño 3D de los componentes	24
2.3 Implementación y Programación de las Prácticas.....	30
2.3.1 Desarrollo de la práctica 1: “Sensor de humedad capacitivo o resistivo”	35
2.3.2 Desarrollo de la práctica 2: “Humidificadores isotérmico y adiabático”	39
2.4 Requisitos de funcionamiento	43
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
3.1 Resultados.....	47
3.2 Conclusiones	55
3.3 Recomendaciones.....	56
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
5 ANEXOS.....	59
ANEXO I. Escenas implementadas en la practica 23	60
ANEXO II. Escenas implementadas en la practica 24	68

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en la creación de un entorno virtual desarrollado para los estudiantes de la asignatura de Sensores y Transductores de la Escuela Politécnica Nacional. Este entorno virtual se concibe como una herramienta complementaria al laboratorio físico donde los estudiantes actualmente realizan sus prácticas y su finalidad es posibilitar la exploración detallada en la estructura y funcionamiento de los diferentes sensores de humedad y humidificadores.

El diseño de las prácticas se inicia con una revisión bibliográfica focalizada en aplicaciones industriales y domésticas, herramientas de virtualización comúnmente utilizadas, principios de funcionamiento de sensores de humedad, métodos de humidificación y tipos de control más utilizados en aplicaciones de humedad. Luego, para la virtualización del entorno, se eligen softwares como AutoCAD, Blender y Revit, facilitando un diseño eficiente de los objetos, en cambio para las animaciones se utiliza el motor gráfico Unity3D, garantizando una interfaz intuitiva y amigable para los estudiantes.

Se han desarrollado dos prácticas centradas en sensores de humedad y humidificadores. La primera práctica proporciona a los estudiantes una comprensión detallada de los diversos principios de funcionamiento como son el capacitivo y resistivo inherentes en los sensores humedad. Por otra parte, la segunda práctica se centra en la exploración de los tipos de humidificadores isotérmico y adiabático más prevalentes en la industria alimenticia.

En última instancia, con el propósito de verificar la efectividad de las prácticas, se procede a evaluar la comprensión por parte de los estudiantes inscritos en la asignatura de Sensores y Transductores durante el periodo académico 2023B.

PALABRAS CLAVE: Entorno Virtual, Virtualización, Motor gráfico, Humedad, Principio de funcionamiento.

ABSTRACT

This work focuses on the creation of a virtual environment developed for students of the Sensors and Transducers course at the National Polytechnic School. This virtual environment is conceived as a complementary tool to the physical laboratory where students currently perform their practices, and its purpose is to enable the detailed exploration of the structure and operation of the different humidity sensors and humidifiers.

The design of the practices begins with a literature review focused on industrial and domestic applications, commonly used virtualization tools, principles of operation of humidity sensors, humidification methods and types of control most used in humidity applications. Then, for the virtualization of the environment, software such as AutoCAD, Blender and Revit are chosen, facilitating an efficient design of the objects, while the Unity3D graphic engine is used for the animations, guaranteeing an intuitive and user-friendly interface for the students.

Two practicals have been developed focusing on humidity sensors and humidifiers. The first practical provides students with a detailed understanding of the various operating principles such as capacitive and resistive inherent in humidity sensors. On the other hand, the second practical focuses on exploring the most prevalent isothermal and adiabatic humidifier types in the food industry.

Ultimately, to verify the effectiveness of the practices, we proceed to evaluate the understanding of the students enrolled in the course of Sensors and Transducers during the academic period 2023B.

KEYWORDS: Virtual Environment, Virtualization, Graphics Engine, Humidity, Operating Principle.

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente el diseño de laboratorios virtuales representa una innovadora y crucial faceta en el ámbito educativo y tecnológico. La creación de entornos simulados replica condiciones del mundo real que han emergido como una herramienta esencial para la formación práctica y la experimentación en diversos campos de la ingeniería.

En el contexto del presente trabajo de integración curricular, se emplea una herramienta interactiva de instrumentación virtual que posibilita la interacción de los estudiantes con dispositivos de medición, visualización y control. Estos elementos, en particular, facilitan la modificación de la variable de humedad, brindando a los estudiantes la oportunidad de realizar experimentos prácticos y adquirir habilidades prácticas.

En la búsqueda de optimizar la enseñanza de la asignatura de Sensores y Transductores en la Escuela Politécnica Nacional, se propone la implementación de una plataforma virtual que permita realizar prácticas de laboratorio de manera accesible y manipulable. Esto surge como una solución a los altos costos asociados con la adquisición de dispositivos físicos para llevar a cabo dichas prácticas, brindando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más eficiente y económica.

Para esto se diseñan dos practicas virtuales referente a la variable humedad mediante la utilización de un motor gráfico como es el caso de Unity3D, por otro lado, se utiliza un motor de programación de entorno virtual, para esto se cuenta con Microsoft Visual Studio que utiliza un lenguaje de programación C#, el cual es conocido durante la carrera y además de ello por la compatibilidad con Unity3D, esta herramienta permite programar las animaciones de los objetos modelados o de las escenas de información presentes. Para cada una de las practicas se diseñan sensores, cables, plantas, espacios de trabajo y elementos finales de control mediante la utilización de un software de virtualización como es el caso de Blender, Autodesk AutoCAD y Autodesk Revit.

1.1 Objetivo general

Diseño e implementación de dos prácticas virtuales de la variable humedad para el laboratorio de Sensores y Transductores de la Escuela Politécnica Nacional de acuerdo con las hojas guías mediante la plataforma de desarrollo en línea, Unity 3D.

1.2 Objetivos específicos

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre la variable humedad, uso de plataformas de desarrollo en línea y softwares de modelamiento 3D.

2. Elaborar los algoritmos de control para establecer la interacción entre presentación de información, evaluación de conocimientos y retroalimentación que se reflejarán en el entorno virtual del laboratorio
3. Virtualizar elementos de laboratorio para la implementación del entorno, los circuitos, la medida, la simulación, el control y la visualización dentro de las prácticas.
4. Diseñar e implementar en Unity 3D dos prácticas virtuales de la variable humedad del laboratorio de Sensores y Transductores en base a los elementos virtualizados y algoritmos desarrollados.
5. Realizar pruebas del funcionamiento de dos prácticas virtuales de la variable humedad contrastando los resultados obtenidos con la implementación física de los circuitos, de forma que se validen los datos entregados con el entorno virtual.

1.3 Alcance

- Realizar un estudio bibliográfico relacionado con la variable humedad, además de ello se extenderá a la comprensión detallada del funcionamiento de los softwares de modelación 3D, entre ellos AutoCAD, Revit de Autodesk y Blender. Este análisis integral permitirá adquirir un conocimiento profundo sobre las capacidades y limitaciones de cada herramienta, así como de las aplicaciones de la variable humedad a nivel doméstico e industrial.
- Desarrollar algoritmos de control específicos para facilitar la interacción eficiente entre los elementos clave del entorno virtual. Estos algoritmos se centrarán en gestionar de manera efectiva la presentación de información, asegurando una integración coherente y funcional en el sistema. Esta acción posibilitará la emulación del entorno virtual mediante la utilización de Unity, un entorno de desarrollo interactivo.
- La virtualización integral de al menos diez elementos de laboratorio, abarcando la implementación del entorno, la representación de circuitos, la medición de variables, la simulación de procesos, el control de dispositivos, y la visualización de resultados, con el propósito de facilitar y potenciar las actividades prácticas mediante herramientas de instrumentación virtual.
- Se llevarán a cabo dos implementaciones con sus respectivos entornos de trabajo, diseñados para simular entornos próximos a la realidad. Estos entornos

posibilitarán la interacción de los estudiantes con la simulación virtual, permitiéndoles ejecutar ambas prácticas de manera efectiva.

- Se realizan pruebas de funcionamiento de cada una de las practicas diseñadas por parte de al menos 20 estudiantes de la asignatura de Sensores y Transductores con la finalidad de evaluar de manera integral el conocimiento técnico, el diseño visual, la accesibilidad y la funcionalidad de la herramienta.

1.4 Marco teórico

Durante esta sección se revisará conceptos para entender el principio de funcionamiento de los sensores relacionados con la variable humedad o humidificadores de tal manera que con la ayuda de los softwares de desarrollo en línea y modelación de objetos 3D se realice la implementación de dos practica relacionada con la variable humedad.

1.4.1 Variable Humedad

La humedad es una de las variables físicas que se encuentra presente en una gran cantidad dentro de la superficie del planeta, es una variable que no puede ser observada, pero es posible sentirla e indirectamente olerla debido a la cantidad de hongos que se generen en el área. [1]

Por otro lado, también se considera como humedad a la cantidad de vapor de agua que hay en el aire. Si hay mucho vapor de agua en el aire, la humedad será alta. Cuanto mayor sea la humedad, más húmedo se sentirá el exterior. [2]

Esta variable se puede medirse de dos formas:

1.4.2 Tipos de Humedad

Humedad absoluta

Es una medida de la cantidad de vapor de agua que está presente en el aire, expresada en gramos de agua por metro cúbico (g/m^3) o en otros equivalentes de masas por unidad de volumen. Es una medida de la cantidad total de vapor de agua en el aire, independientemente de su temperatura, esta medida se puede determinar utilizando instrumentos como higrómetros o psicrómetros que miden la presión de vapor o la diferencia de temperatura entre un termómetro seco y uno húmedo.

Es importante tener en cuenta que la humedad absoluta puede variar dependiendo de la temperatura presente en el ambiente, cada vez que la temperatura ascienda, el aire puede contener más vapor de agua antes de alcanzar la saturación, por este motivo la misma

cantidad de vapor de agua puede tener una humedad relativa más baja a temperaturas más altas.

Este parámetro es utilizado en meteorología, climatología, calefacción, ventilación y aire acondicionado, así como en otras aplicaciones donde es importante conocer la cantidad total de vapor de agua en el aire.

Humedad relativa

Se trata de una medida que evalúa la cantidad de agua que el aire realmente contiene a una determinada temperatura y esta misma cantidad cuando se encuentre saturado a la misma temperatura. Es una medida adimensional y se expresa comúnmente como porcentaje.[3]

Durante el día la presión real de vapor puede ser relativamente constante, la humedad relativa puede variar entre un máximo y un mínimo durante el amanecer y a primeras horas de la tarde respectivamente. La variación de humedad relativa es provocada por la temperatura presente en el aire ya que la presión de saturación de vapor depende de esta temperatura.

1.4.3 Métodos de medición de Humedad de suelo

La humedad del suelo se define como la suma total de agua presente en los poros del suelo o en su superficie. Su representación puede ser en forma de porcentaje, en relación con el peso o volumen del suelo, o en términos de pulgadas de agua por pie de suelo. La proporción o porcentaje de humedad en el suelo está influenciada por diversos factores, entre ellos, el clima, el tipo de suelo y las especies vegetales que lo ocupan. Existen varias formas de medir la humedad del suelo, y algunas de las técnicas comunes incluyen [4]:

Método de medición por capacitancia

Este tipo de sensores capacitivos disponen de un timer 555, que se emplea para generar una onda cuadrada. Al aplicar esta onda al sensor, en contacto con la tierra, el efecto de la capacitancia registrada modifica la onda aplicada. Esta diferencia en las ondas es comparada por el sensor, dando lugar a una pequeña tensión diferencial que puede ser medidas por un microprocesador como Arduino. Cuanto mayor es la humedad del suelo, mayor es la capacidad registrada por el sensor. Por tanto, menor el voltaje proporcionado por el sensor. [5]

La Figura 1, es un ejemplo de medición de humedad mediante un sensor de tipo capacitivo.

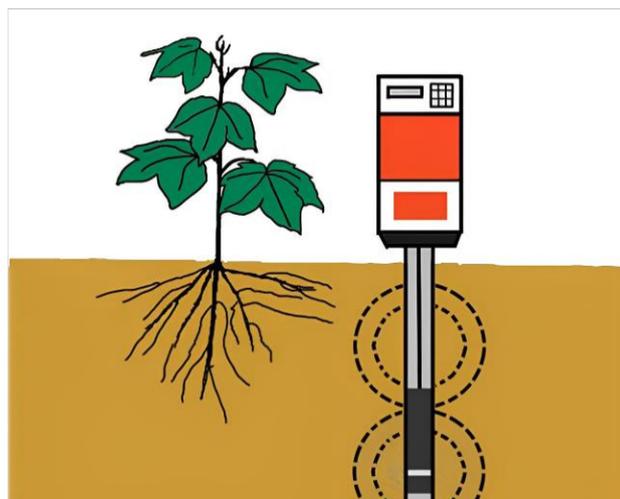


Figura 1 Principio de medición del sensor de humedad tipo capacitivo [5]

Método de medición por resistencia eléctrica

Estos dispositivos se basan en un principio físico en el cual la resistencia al paso de corriente eléctrica entre dos electrodos en contacto con el suelo se utiliza para determinar el contenido de humedad. A medida que aumenta la cantidad de agua en el suelo, la resistencia disminuye. En los primeros desarrollos de estos dispositivos, se descubrió que se podía formar un puente de sal entre los electrodos, lo que generaba resultados incorrectos. Sin embargo, en la actualidad, los electrodos se fabrican con materiales más estables y son menos propensos a la formación de puentes de sal. Aunque estos dispositivos funcionan bien en la parte alta del rango de humedad del suelo, su precisión disminuye en la parte baja de dicho rango. Para medir la humedad del suelo, se entierran los bloques a una profundidad deseada, dejando que las terminales eléctricas se extiendan hasta la superficie del suelo. Cuando los bloques alcanzan un equilibrio con el suelo, las terminales se conectan a un medidor y se realiza la lectura correspondiente. [5]

La Figura 2, es un ejemplo de la forma con cual realiza la medición de humedad mediante un sensor de tipo resistivo.

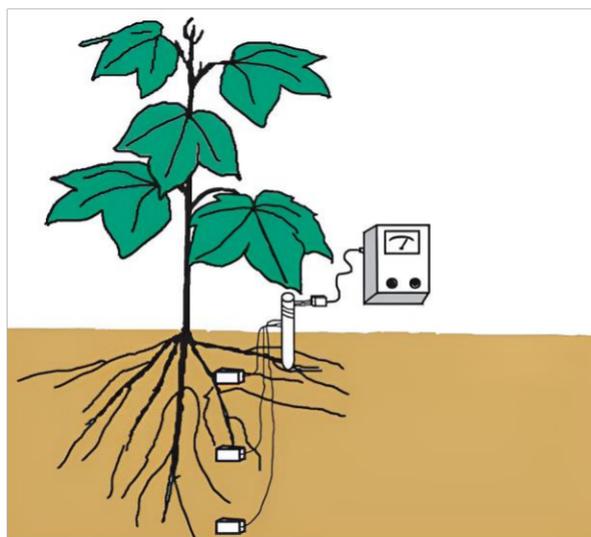


Figura 2 Principio de medición del sensor de humedad tipo resistivo [5]

Aplicaciones de la variable humedad

Una de las aplicaciones más importantes de la variable humedad es el cuidado de la flora, ya que permite un control preciso en la agricultura, optimizando el riego y contribuyendo a la salud y productividad de las plantas. Por otro lado, la humidificación de ambientes industriales es esencial para la conservación de productos, ya que ayuda a prevenir la deshidratación y el deterioro del producto, asegurando condiciones óptimas para su almacenamiento y prolongando el tiempo de conservación.

Rangos de Humedad en las plantas

Las plantas que a menudo es parte de la decoración tanto en interiores o exteriores de la mayoría de las viviendas o constituye el medio para producir los alimentos de la población necesitan un cuidado y nutrientes, estos a menudo son obtenidos del suelo mediante el proceso de transpiración. Para realizar este proceso es necesario que el suelo en donde se encuentre se mantenga húmedo, es por esto generalmente debe ser regada.

Las plantas deben tener un porcentaje de humedad de acuerdo con la especie, ya que algunas de estas plantas pueden mantenerse en ambientes secos, como es el caso de los cactus, estos deben estar a un 30-40% de humedad, mientras que otros tipos de plantas que necesitan un porcentaje de humedad alto o medio, el porcentaje de humedad alto es de 75% en adelante y el medio es desde 41% hasta 74%. [6]

En la Figura 3, se observa, es un prototipo ejemplo del sistema de control de humedad propuesto que consiste en una planta y un sistema de riego mediante el censado de humedad.



Figura 3 Prototipo ejemplo de la practica a realizar [7]

Humidificación

La humidificación es un proceso que consiste en la transferencia simultanea de materia y calor, sin presencia de un calor externo, esto se realiza cuando un gas entra en contacto con un líquido puro el cual es insoluble.

Diagrama H-X o diagrama psicrométrico

El diagrama H-X creado por el físico Richard Mollier ayuda a determinar y mostrar mediante un gráfico las variaciones de las condiciones del aire húmedo causado por la humidificación, enfriamiento, deshumidificación o el calentamiento. Estas variaciones en el ambiente se las determina gráficamente desde el diagrama. [8]

En un diagrama H-X detalla cada uno de los parámetros requeridos para explicar las condiciones atmosféricas en ese instante de tiempo.

Estos parámetros son:

- Temperatura en °C
- Humedad Absoluta en g/Kg
- Humedad Relativa en porcentaje (%)
- Entalpia especifica en $\text{kJ}(1+x) \text{ kg}$
- Densidad en kg/m^3

Componentes

Un diagrama H-X contine un sistema de coordenadas oblicuas, se las tiene así debido a que la precisión de leer el rango no saturado del aire húmedo aumenta considerablemente. Para construir este diagrama, el eje de las abscisas describe la humedad absoluta en g/Kg y tiene un rango de 0 g/kg a 28 g/kg, en cambio el eje de las ordenadas describe la temperatura con un rango de -18°C a una temperatura de 52 °C.

Las líneas curvadas describen la humedad relativa en forma de porcentaje esta oscila en un rango de 0% a 100% de humedad relativa o hasta la línea de saturación, cabe recalcar que más allá de esta línea el aire no puede absorber más humedad y empieza a formar la condensación.

Por otra parte, las líneas diagonales describen la entalpia especifica donde se observa el cambio de temperatura en una humidificación adiabática como se observa en la Figura 4.

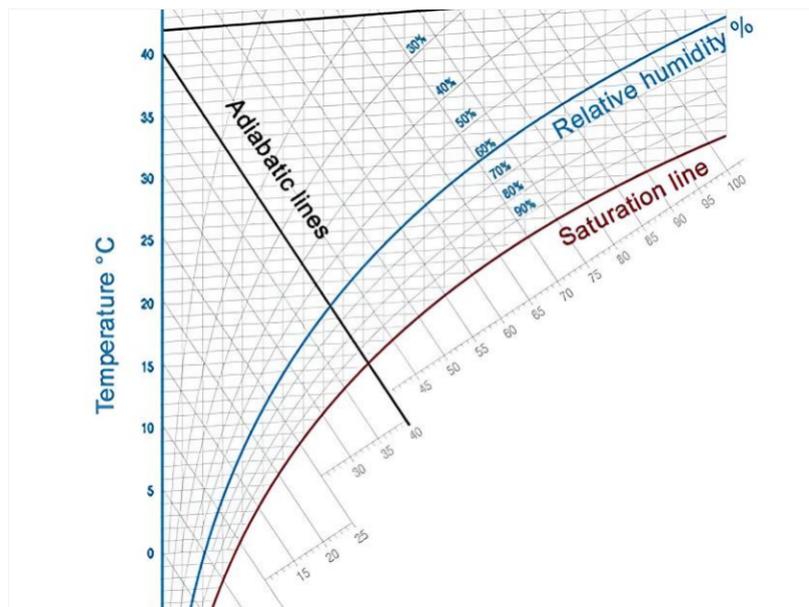


Figura 4 Componentes del diagrama H-X [8]

Atomización y evaporación de Agua (Humidificación Adiabática)

Para atomizar o evaporar el agua no se necesita agregar un calor adicional, la energía utilizada en este proceso se extrae del aire circundante, como resultado, el aire se enfría, a este proceso se le conoce como enfriamiento adiabático. La regla $\Delta h/\Delta x$ en el diagrama muestra la dirección precisa de la curva de enfriamiento durante la humidificación.

En la Figura 5 se observa un ejemplo de humidificación adiabática, tomamos como punto de inicio una temperatura de 25 °C una humedad absoluta de 6g/Kg y una humedad relativa del 31%.

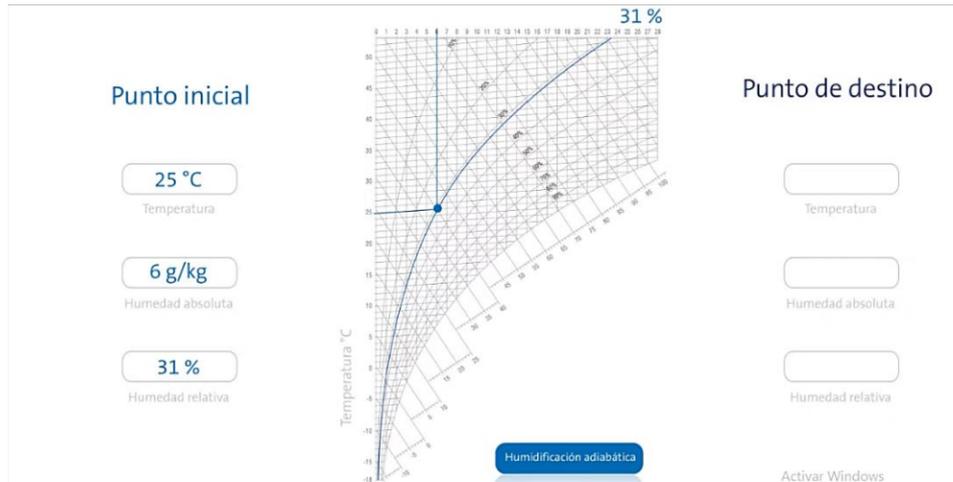


Figura 5 Ejemplo de un proceso Humidificación adiabático (Punto inicial) [8].

Ahora bien, en la Figura 6 se observa que mediante evaporación de agua sea añada 2 gramos de agua por cada kilogramo de aire, para ello la condición de aire se mueve por la línea de vía específica hasta alcanzar una humedad específica de 8 gramos de agua por cada kilogramo de aire enfriando hasta 5 grados y alcanzando una humedad relativa de 55 por ciento.

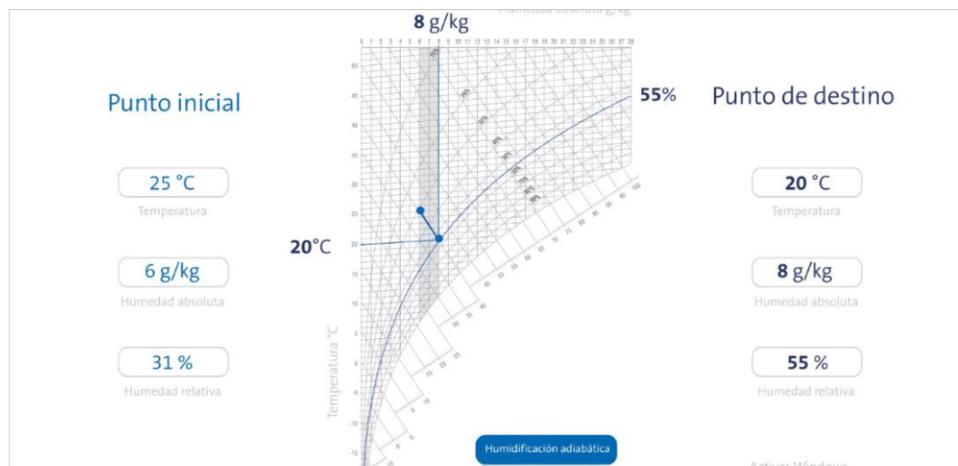


Figura 6 Ejemplo de un proceso Humidificación adiabático (Punto de destino) [8]

Humidificación mediante vapor (Humidificación Isotérmica)

Los sistemas isotérmicos emplean calor para producir vapor y diseminarlo en una corriente de aire o introducirlo directamente en el espacio, todo ello en un procedimiento que mantiene una temperatura constante, como observa en la Figura 7 de un diagrama H-X la temperatura del ambiente se mantiene constante.

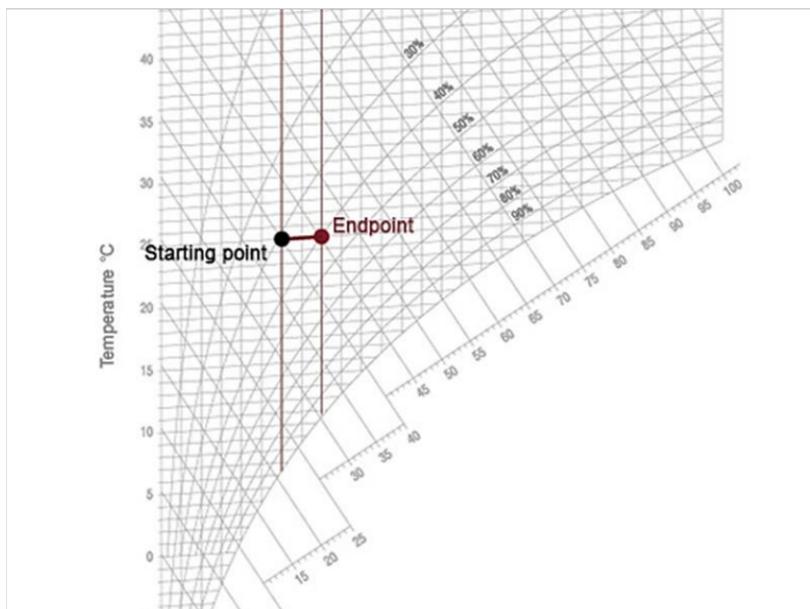


Figura 7 Proceso de humidificación isotérmico [8].

En la Figura 8 se observa un ejemplo de humidificación isotérmico, tomamos de igual forma como punto de inicio una temperatura de 25 °C una humedad absoluta de 6g/Kg y una humedad relativa del 31%.

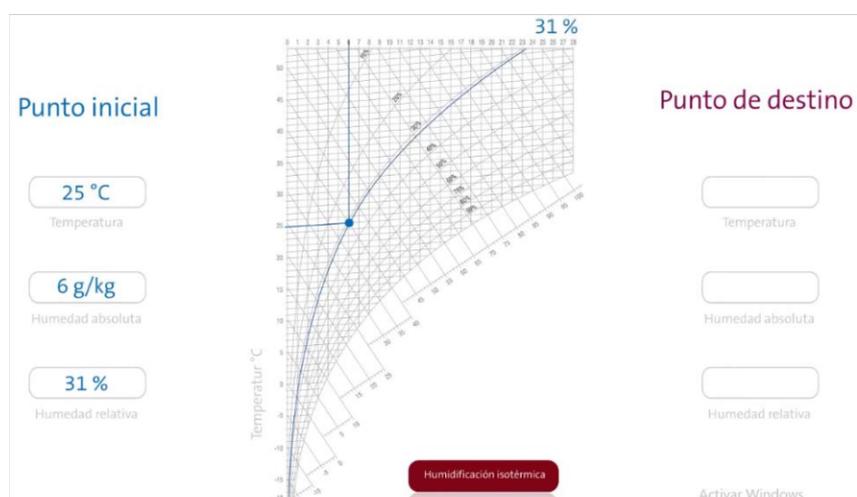


Figura 8 Ejemplo de un proceso Humidificación isotérmico (Punto inicial) [8].

Para este caso en la Figura 9 se observa que mediante la utilización de vapor de agua la temperatura de mantendrá constante el calentamiento leve del aire a través del vapor caliente, en este caso el valor de la condición no se mueve por la línea de entalpia sino por la línea de temperatura. Para añadir 2 gramos de agua por cada kilogramo de aire nos moveremos por la línea de temperatura hasta alcanzar una condición de 25.5 °C y una humedad absoluta de 8 gramos de agua por cada kilogramo de aire y obtendremos una humedad relativa del 40%.

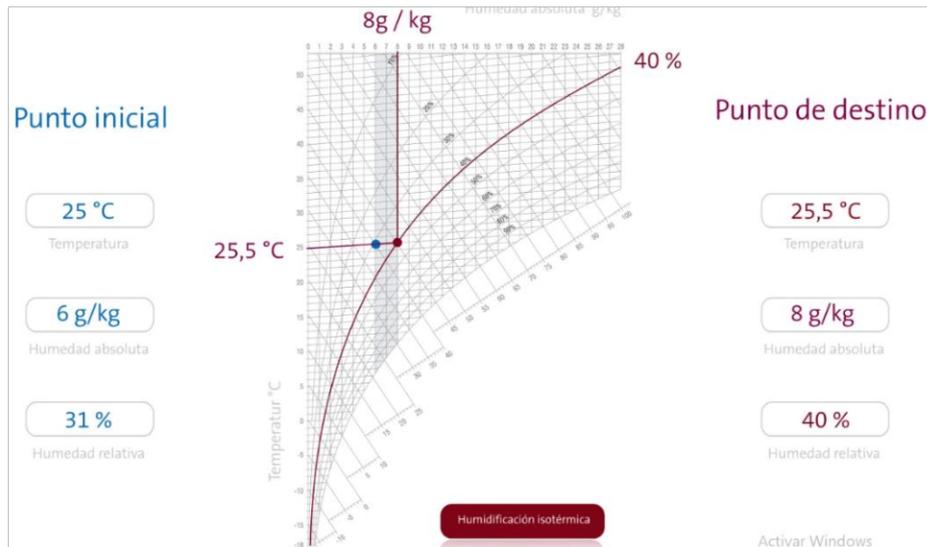


Figura 9 Ejemplo de un proceso Humidificación isotérmico (Punto de destino) [8]

1.4.4 Sensores y humificadores

Comercialmente existe una gran variedad de sensores de humedad especializados para las diferentes aplicaciones, a continuación, revisaremos algunos de los más representativos debido a su relevancia en sectores como la agricultura o la meteorología. Por otro lado, se revisará los humidificadores comerciales enfocados a proporcionar ambientes óptimos en el manejo de productos perecederos. Todos estos dispositivos con sus características técnicas, principios de funcionamiento y aplicación.

Sensor de humedad Relativa tipo capacitivo MS-10

El sensor relativo tipo capacitivo MS10 mide el contenido de humedad y temperatura presente en el suelo, este tipo de sensor al ser de cuerpo plástico con protección IP68 permite insertarse directamente en el suelo con una estabilidad prolongada. Este tipo de sensor puede ser calibrado dependiendo del tipo de superficie en la cual se desea realizar la medición con diferentes salidas de humedad, puede ser RS485, corriente analógica o voltaje analógico.[9]

Algunas de las características más relevantes se presentan en la Tabla 1 que se muestra a continuación:

- Integrado con medición de humedad y temperatura del suelo
- Interfaz de salida RS485, voltaje, corriente
- Baja sensibilidad a la salinidad
- Mínima perturbación del suelo

- Resistencia al agua según clasificación IP68 y se puede enterrar directamente en el suelo
- Alta precisión con excelente estabilidad
- Protección de potencia inversa

Tabla 1 Especificaciones del sensor MS – 10 [9]

Especificaciones			
Interfaz de salida	Voltaje análogo 0-2V	Corriente analógica 4- 20mA	RS485 Modbus- RTU
Alimentación	5.6 - 30 VDC	12 - 30 VDC	3.6 - 30 VDC
Consumo de energía	6mA@24 VDC	50mA@24 VDC	6mA@24 VDC
Medición de la humedad del suelo	Rango: 0-50%, 0-100% Resolución: 0-50%: 0.03%, 50-100%: 1% Precisión: 0-50%: 3%, 50-100%: 5%		
Técnica de medición	Humedad por FDR		
Clasificación de protección IP	IP68		
Temperatura de operación	~40~85 °C		
Material de varilla del sensor	Acero inoxidable		
Tipo de sellado	Resina epóxica		
Longitud del cable	2 metros		
Dimensiones	44X15X146 mm		

Sensor de humedad Relativa tipo resistivo MT05V

El sensor de humedad relativo tipo resistivo MT05 mide el contenido de humedad del suelo, este tipo de sensor está cubierto por un cuerpo plástico con varillas detectoras que se ingresan directamente al suelo. Es un sensor de tamaño pequeño y son comúnmente

utilizado para realizar el monitoreo de cultivos en macetas y bandejas de plántulas, este sensor también puede ser utilizado en otros campos como los de investigación científica, riego de cultivos, dentro de invernaderos y en la agricultura inteligente. [10]

Algunas de las características más relevantes se presentan en la Tabla 2 que se muestra a continuación:

- Medición de la humedad del suelo con alta sensibilidad y precisión
- Tamaño relativamente pequeño 20x11x95 mm
- Interfaz de salida con voltaje
- Fórmula de calibración para diferentes sustratos de cultivo
- Baja sensibilidad a la salinidad
- Mínima alteración del suelo
- Resistente al agua según clasificación IP68 y se puede enterrar directamente en el suelo.
- Alta precisión con excelente estabilidad
- Protección de energía inversa y protección TVS/ESD incorporada

Tabla 2 Especificaciones del sensor MT05V [10]

Especificaciones	
Interfaz de salida	Voltaje análogo 0-2V
Alimentación	2.5 - 16 VDC
Consumo de energía	15mA@2.5 - 16 VDC
Medición de la humedad del suelo	Rango: 0-100% Resolución: 0-55%: 0.1%, 55-100%: 1.5% Precisión: 0-50%: ±3%, 50-100%: ±5%
Técnica de medición	Humedad por FDR
Clasificación de protección IP	IP68

Temperatura de operación	~40~85 °C
Material de varilla del sensor	Acero inoxidable
Tipo de sellado	Resina epóxica
Longitud del cable	5 metros
Dimensiones	20X11X95 mm

Humidificador Isotérmico (SE Series)

La serie SE, (Figura 10) es un humidificador a partir de un intercambiador de vapor el cual genera vapor atmosférico limpio utilizado el vapor de la caldera de la instalación como fuente de energía, el humidificador está diseñado para un fácil instalación, operación y mantenimiento rápido, algunas de sus características y especificaciones (Tabla 3) se presentan a continuación. [11]



Figura 10 Humidificador a partir de un intercambiador de vapor de la marca condair [11].

Características:

- Intercambiador de calor de superficie plana de acero inoxidable
- Incluye válvula, actuador y filtro en estrella.
- Sistema de indicación precisa del nivel de agua
- Modulación total hasta el 15 % de la capacidad total
- Modulación de la aceptación de la señal de demanda

- Indicadores LED de estado de la unidad
- Ciclos de purga automáticos basados en la producción de vapor.
- Pantalla LCD retroiluminada y teclado
- Capacidad de conexión en red de hasta 10 unidades

Tabla 3 Especificaciones del humidificador series SE

Especificación	SE050	SE100	SE175	SE250	SE375
Rango de presión (kPa)	35 - 105				
Max. Capacidad (kg/hr)	23	45	79	114	170
Datos físicos - Ancho x Alto x Fondo	65,1 x 52,4 x 46,7 cm	117,8 x 81,4 x 50,8 cm		117,8 cm x 81,4 cm x 67,1 cm	
Actuador estándar	Modulación eléctrica 0-10 VCC, 24 VCA				
Trampa de vapor incorporada	Flotador y termostático				
Aislamiento y gabinetes	Estándar				
Voltaje/Fase	110-120/1				
Amperios de carga completa	2.1				
Enfriador de agua de drenaje inteligente interno	Estándar				
Salidas de vapor (es) – OD	1 x 4,44 cm		1 x 7,62 cm		

Humidificador Adiabático (HP Series)

Los sistemas de la serie HP (Figura 11), utilizan un sistema de bombeo de alta presión que permite mediante las boquillas pulverizar el agua y con ello generar una fina niebla en aplicaciones de refrigeración o humidificación. El diseño de las boquillas garantiza que el

rociado sea uniforme y se absorba en una distancia corta, el aire humidificado está libre de aerosoles en un 99% para un funcionamiento higiénico. [12]



Figura 11 Humidificador a partir de pulverización de agua de la marca condair [12]

Las boquillas implementadas liberan gotas de 10 a 40 micrones a través de un orificio de 0.008", una sola de estas produce 12 lb/h de agua sin necesidad de un aire comprimido.

Además de brindar una humidificación óptima, el dispositivo cuenta con varias características que se describen a continuación y que hacen que sea muy utilizada en áreas de refrigeración.

Características

- Montaje flexible de piezas para adaptarse a muchas dimensiones de conductos
- Control estricto de la humedad y excelentes propiedades higiénicas
- Un sistema de ósmosis inversa integrado opcional permite un funcionamiento fiable e higiénico
- Altas capacidades disponibles, hasta 2860 lbs/hr, con bombas de respaldo
- Un panel de control claro e intuitivo facilita la comunicación del sistema de gestión del edificio (BMS) con la estación de bombeo
- El bloque de válvulas proporciona control de varias boquillas.

- Los clientes pueden elegir entre el bloque de válvulas estándar de 7 etapas (con control de humedad de $\pm 4\%$) o el más avanzado de 15 etapas (con control de humedad de $\pm 2\%$).

Tabla 4 Especificaciones del humidificador series HP

Especificación	CV 100	CV 300	CV 500	CV 800
Capacidad de la bomba: (l/h)	5 – 100	20 - 500	40 - 800	60 - 1300
Potencia nominal (480V/3/60Hz) Kw	1.8	2.2	3.2	4
Amperios de corriente nominal	1.5	1.9	3.7	5.3
Sección de humidificación requerida	1.3 m			
Capacidad humidificadora	26 - 2860 libras/h			
Tensión de alimentación de la bomba	208, 400, 480, 600 VCA / Trifásico / 50-60 Hz			
Presión de funcionamiento de la bomba (estándar)	1015 psi (70 bares)			
Rango de presión de agua de entrada	30 - 102 PSI (2 a 7 bares)			
Calidad del agua de entrada	Desionizada (5 - 30 μ S/cm)			
Conexión de señal de control	0-5 VCC, 1-5 VCC, 0-10 VCC, 2-10 VCC, 0-20 mA, 4-20 mA			
Precisión del control de humedad relativa	$\pm 4\%$ (7 etapas), $\pm 2\%$ (15 etapas)			
Clase de filtro de aire requerida aguas arriba del humidificador	MERV 13			
Velocidad del aire permitida	150 pies/min - 700 pies/min			

1.4.5 Tipos de control usados para la variable humedad

En base a la aplicación de la variable humedad se pueden ocupar diferentes tipos de control entre los que tenemos: ON-OFF, Histéresis, PI, entre otros. Estas estrategias de control ofrecen flexibilidad para adaptarse a diferentes aplicaciones y optimizar la gestión de la humedad en diversos contextos.

Sistemas de control

El sistema de control son conjuntos de componentes que trabajan unidos para regular y mantener el comportamiento de un proceso o sistema dentro de ciertos límites deseados. El fin principal es mantener una variable o un conjunto de variables controladas en un estado o valor deseado, a pesar de las perturbaciones o cambios de condiciones.

Los sistemas de control recomendados para realizar el control de la variable humedad está de acuerdo con los requisitos necesarios para mantener los rangos adecuados del suelo en donde se encuentre la planta y con ello alargar la vida de esta, comúnmente se realiza control por histéresis on-off o control de punto de rocío debido a que la humedad del suelo tiende a ser una variable que cambia lentamente, especialmente si se considera el tiempo que tarda el agua en moverse a través del suelo y ser absorbida por las raíces de las plantas, además de ello se busca un equilibrio para mantener la humedad dentro de un rango deseado y evitar cambios bruscos que puedan afectar negativamente tanto a las plantas como al sistema de riego. [13]

Control por Histéresis ON-OFF

Una ventana de histéresis, también conocida como banda de histéresis o banda muerta, es un rango de valores que se utiliza en los sistemas de control para evitar cambios rápidos entre estados.

En la Figura 12, se muestra un sistema de control de ventana de histéresis, hay dos valores o umbrales, denominados puntos de ajuste superior e inferior, que definen el rango de valores aceptables. Si el valor del sistema está dentro de este rango, no se realiza ninguna acción. Sin embargo, si el valor del sistema excede el punto de referencia superior o inferior, el sistema de control responde cambiando a un nuevo estado. Una vez que el valor del sistema vuelve a estar dentro de la ventana de histéresis, el sistema de control vuelve al estado original. [14]

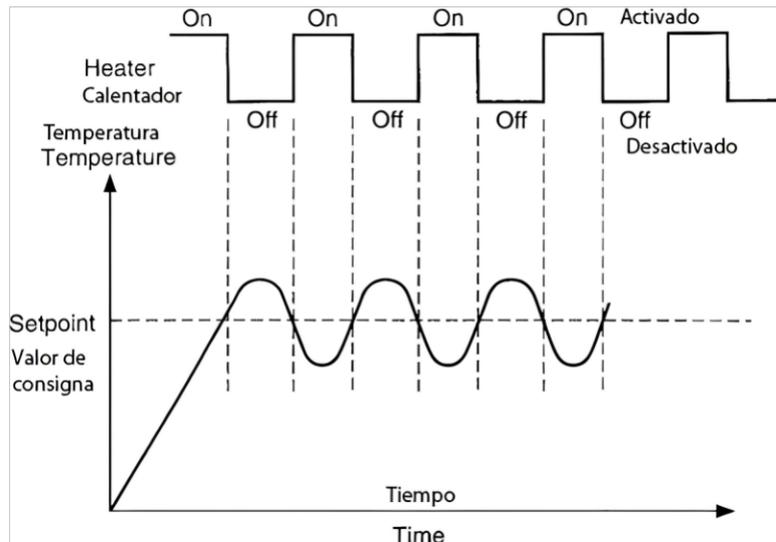


Figura 12 Control de ventana de histéresis ON/OFF [14].

Arduino

La plataforma electrónica de código abierto Arduino es un hardware y software fácil de usar, consiste en una placa de circuito físico programable (microcontrolador) y un entorno de desarrollo basado en Windows. Las placas Arduino pueden leer entradas como la cantidad de luz que es tomado por un sensor o como la presencia de un dedo en un botón y con ellas convertirlas en una salida que permita activar o desactivar un motor, un LED o enviar un mensaje por la red. [15]

1.4.6 Software para la virtualización

En el mercado existe una gran cantidad de software que nos permite modelar, animar, virtualizar y crear entornos virtuales, entre las opciones destacadas se encuentran programas líderes en diseño, entre los cuales tenemos:

Blender

Blender es un software de modelado, montaje, animación, simulación, renderización, composición y seguimiento de movimientos de objetos 3D de forma gratuita y de código abierto, utiliza un interfaz de tipo OpenGL con lo que brinda una experiencia consistente para el usuario, además de brindar una compatibilidad multiplataforma que hace que funcionen en computadoras con sistemas operativos Linux, Windows y Macintosh. [16]

Autocad

AutoCAD es un software de diseño asistido por ordenador (CAD) comúnmente utilizado en la mayoría de industria dedicadas a la arquitectura, ingeniería, construcción y diseño. Es

desarrollado por Autodesk y permite crear y editar dibujos técnicos en 2D y modelado tridimensional (3D). [17]

Unity

Unity es un motor de desarrollo de videojuegos y una plataforma de creación de contenido en 2D y 3D, lo que permite que múltiples desarrollos realizados puedan ser lanzados a diferentes plataformas como PC, consolas de videojuegos, dispositivos móviles entre otras, esto es gracias a que Unity ofrece diferentes formas de programación conocidas, entre ellas encontramos el C#, JavaScript y Boo.[18]

Unity Hub

Unity Hub es una herramienta que administra proyectos y versiones de Unity, además de ello facilita la creación, organización y acceso a diferentes proyectos, así también como la gestión de las diferentes versiones del motor.[18]

2 METODOLOGÍA

Se desarrolla dos prácticas para el Laboratorio de Sensores y Transductores referente a la variable humedad, la primera de ellas hace referencia a la simulación de un sistema de riego mediante el control por histéresis de acuerdo con la humedad presente en el suelo de la planta.

La segunda práctica hace referencia a un sistema de almacenamiento donde se utiliza diferentes métodos de humidificación por vaporización o mediante pulverización de agua que permitirán controlar la humedad de acuerdo al tipo de producto presente dentro de ella.

2.1 Prácticas de humedad

Una vez dentro de la ventana de la Figura 13, conocida como sala 3 se observará la disposición de cada práctica, a la izquierda se muestra la practica referente a los “Sensores de humedad capacitivo o resistivo” y a la derecha se muestra la practica referente a los “Humidificadores isotérmico y adiabático”.



Figura 13 Distribución de las practicas realizadas dentro del entorno de la sala 3

En la Figura 14 y Figura 15 se muestra la distribución de cada uno de los elementos utilizados en cada una de las prácticas, estos elementos fueron diseñados con las herramientas antes mencionadas, entre ellos, se tiene AutoCAD 3D, Blender y en algunos de los casos Revit, cada uno de los diseños son importados al entorno de Unity para posteriormente ser animados mediante código o efectos visuales.

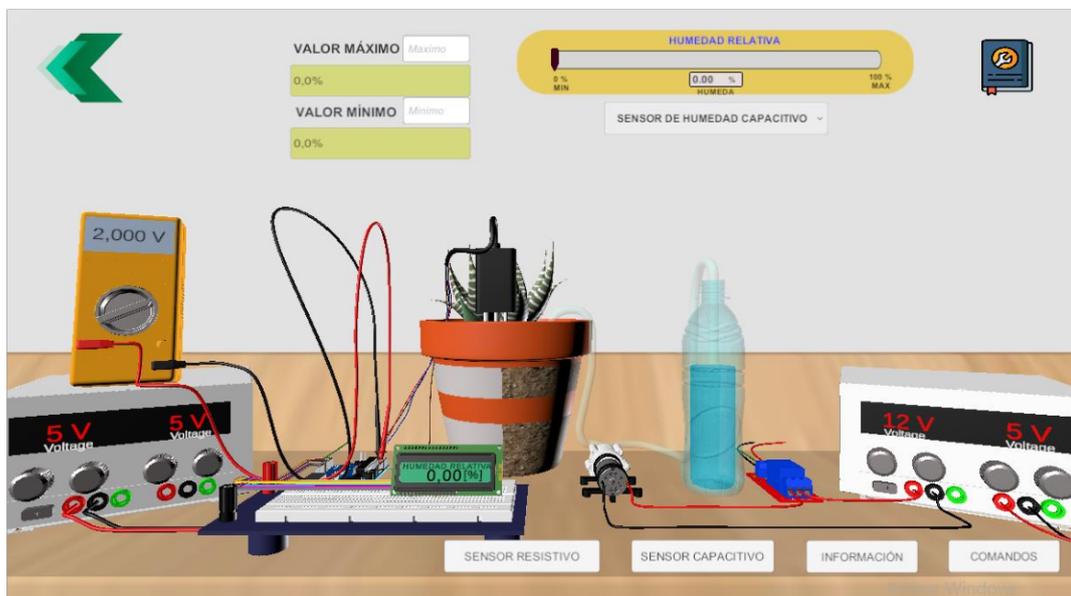


Figura 14 Entorno visual de la práctica de sensores de humedad capacitivo o resistivo

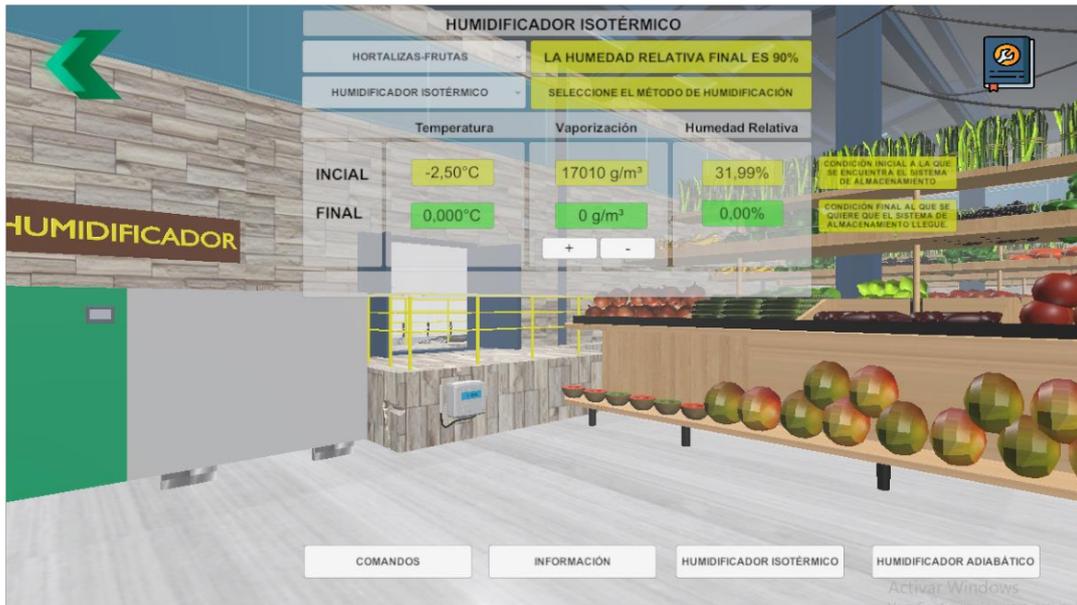


Figura 15 Entorno visual de la práctica de Humidificadores isotérmico y adiabático

Cada entorno visual permite interactuar con los diferentes botones o desplegable, para el caso de los botones nos permite cambiar de escena y dirigirnos a la información, los comandos o los instructivos que ayudan en el desarrollo de la práctica como se observa en la Figura 16 donde se utiliza un plantilla de Canvas por defecto para la explicación en cada uno de los casos, también se puede cambiar de escena y dirigirse a una ventana donde se muestra las partes de los dispositivos que permiten medir o variar la variable humedad como se observa en la Figura 17.

SENSOR ZONE SENSOR DE HUMEDAD RELATIVO CAPACITIVO Y RESISTIVO

3. CIRCUITO INTERNO DEL SENSOR DE HUMEDAD RELATIVO RESISTIVO

– EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO SE BASA EN LA ADSORCIÓN Y DESORCIÓN DE AGUA EN EL MATERIAL SENSIBLE ALREDEDOR DEL ELEMENTO RESISTIVO. CUANDO LA HUMEDAD AMBIENTAL AUMENTA, EL MATERIAL ABSORBE AGUA Y SU RESISTENCIA DISMINUYE. CUANDO LA HUMEDAD DISMINUYE, EL MATERIAL LIBERA AGUA Y SU RESISTENCIA AUMENTA.

– COMO PODEMOS OBSERVAR, EL CORAZÓN DE LA PLACA ACONDICIONADORA ES EL CIRCUITO COMPARADOR LM393, EL CUAL ACTIVA UNA SALIDA (OUT) DE TIPO ON/OFF DE ACUERDO A LA COMPARACIÓN ENTRE EL NIVEL DE TENSIÓN QUE ENTREGA EL SENSOR Y EL AJUSTADO MEDIANTE EL PRESET R2. ADEMÁS PONE DOS LEDS PARA INDICAR SI LA PLACA ESTÁ ENERGIZADA (D1) Y SI LA SALIDA ESTÁ ACTIVA (D2). LA LÍNEA AC NOS PERMITE MEDIR EL NIVEL DE TENSIÓN QUE ENTREGA EL SENSOR SIN PASAR POR EL COMPARADOR.

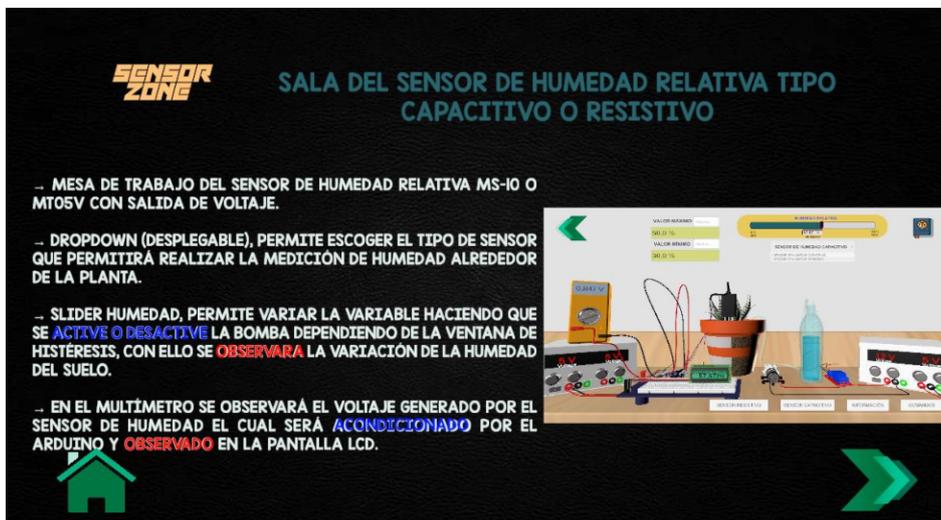


Figura 16 Escenas: a) Información, b) Comandos y c) Instructivos

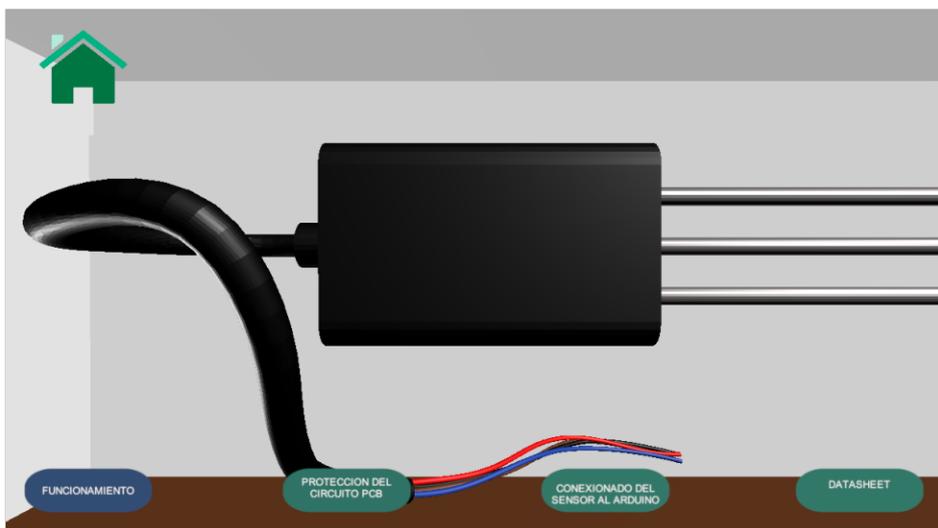




Figura 17 Escena que permiten visualizar las partes de los dispositivos utilizados: a) Sensor de Humedad y b) Humidificador

2.2 Diseño 3D de los componentes

Para realizar la interfaz gráfica de cada una de las prácticas para el Laboratorio “Sensor Zone” se realiza la modelación de los diferentes elementos 3D utilizados, mediante el software AutoCAD 3D, por otro lado, para las diferentes conexiones (cables) o tuberías necesarias se utiliza el software Blender para observar en tiempo real las modificaciones como dimensiones o formas necesarias para cada conexión. Entre los elementos necesarios para la realización de la práctica de sensores de humedad capacitivo o resistivo se tiene: fuente de alimentación, multímetro, borneras, sensor de humedad, maceta, protoboard, cables de protoboard, circuitos integrados, placa Arduino, modulo relé, pantalla LCD, bomba DC, tubería y botella de almacenamiento de agua, por otro lado, para la realización de la segunda practica relacionada con Humidificadores isotérmico y adiabático se requiere los siguientes elementos: Una nave industrial, productos alimenticios (lácteos, frutas, carnes), humidificadores, bombillas de pulverización de agua y sensores para la medición de la humedad del ambiente.

La Tabla 5 se observa que los softwares utilizados cuentan con versiones gratis a comparación de sus competencias lo cual los hace más accesibles a las personas que empiezan su incursión en el mundo del modelado.

Tabla 5 Comparación de softwares de modelado 3D

Programa	Especialidad	Precio
AutoCAD	Diseño 2D y 3D	Free (Versión estudiantil)
Revit	Diseño BIM	Free (Versión estudiantil)

Blender	Modelado 3D, renderizado	Free
Fusion 360	Diseño 3D CAD/CAM	\$60/mes
SketchUp	Modelado 3D intuitivo	\$119/mes

Maceta

Para la práctica 1 referente a sensores de humedad capacitivo o resistivo, la maceta es utilizada para tener un lugar donde poder realizar las mediciones de humedad y con ellas realizar la acción de control necesaria, con esto permitirá que la planta contenida en ella se encuentre en un estado deseado.

Como se observa en la Figura 18, el diseño fue desarrollado por THANGS, esta maceta consta de varias partes, entre las partes que se destacan son: las hojas de la planta de aloe, la tierra en donde esta plantado y el recipiente en la que se encuentra.



Figura 18 Planta de Aloe

Bomba 12V

Para el sistema de riego presentado en la practica 1 es importante contar con una bomba que permitan inyectar liquido (agua) desde el depósito hacia el lugar donde se encuentra la maceta, como se muestra en la Figura 19 para el modelado en 3D es realizado con el software AutoCAD 3D, donde se cuenta con varias partes entre las más importantes: la alimentación de voltaje y la entrada y salida de líquido.

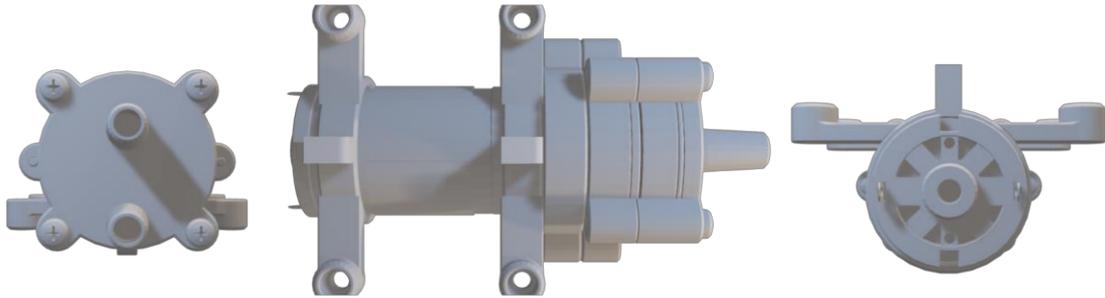


Figura 19 Modelos 3D de una bomba de inyección de agua

Sensor de Humedad Capacitivo

Para realizar la medición de la humedad presente en el suelo es necesario tener un sensor que permita realizar esta medición para el cual se modela el sensor MS-10 mediante el software AutoCAD siguiendo los parámetros detallados en el Datasheet del fabricante, se observa que la Figura 20 de este modelo de sensor cuenta con tres partes, los conectores de alimentación de voltaje [2m], el cuerpo de aislamiento del circuito integrado 76 [mm] x 44 [mm] x 15 [mm] y los conectores con el suelo 70 [mm] x 5 [mm] x 5 [mm].



Figura 20 Modelo 3D del Sensor de Humedad MS-10

Sensor de Humedad Resistivo

Para realizar la medición de la humedad presente en el suelo es necesario tener un sensor que permita realizar esta medición para el cual se modela el sensor MT05V mediante el software AutoCAD siguiendo los parámetros detallados en el Datasheet del fabricante, se observa que la Figura 21 de este modelo de sensor cuenta con tres partes, los conectores de alimentación de voltaje [2m], el cuerpo de aislamiento del circuito integrado 38 [mm] x 20 [mm] x 11 [mm] y los conectores con el suelo 53 [mm] x 7 [mm] x 3 [mm].

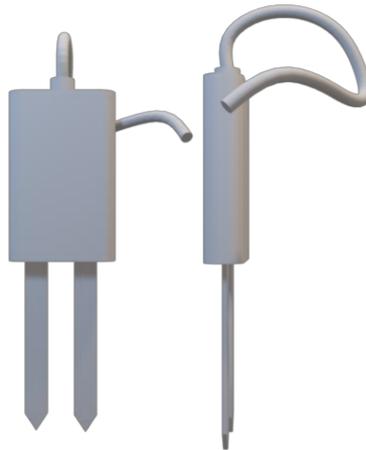


Figura 21 Modelo 3D del Sensor de Humedad MT05V

Modulo Relé

Para ello mediante la página web GrabCAD permite descargar el modelo que se observa en la Figura 22 con los parámetros adecuados de acuerdo con el fabricante.

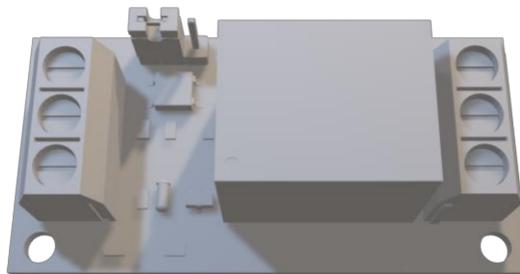


Figura 22 Modelo 3D del módulo Relé

Arduino

Mediante un sistema microprocesador como es el Arduino se realiza el control por histéresis haciendo que se accione el módulo del relé que ayudara a la inyección o no de agua dependiendo de los umbrales definidos en la ventana de la práctica, además de ello permitirá juntamente con una pantalla LCD visualizar los niveles de humedad presente en la maceta de la planta.

Para ello mediante la página web GrabCAD permite descargar el modelo que se observa en la Figura 23 con los parámetros adecuados de acuerdo con el fabricante.

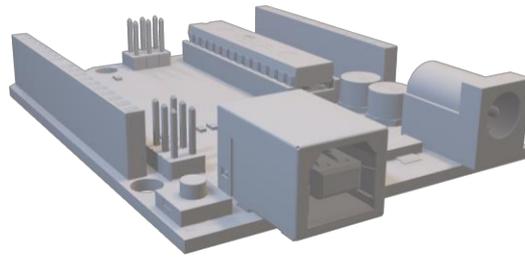


Figura 23 Modelo 3D del sistema microprocesador Arduino

Productos alimenticios

Para el desarrollo de la practica 2 es necesario variar el tipo de producto almacenado en la nave y con ello cambiar las condiciones iniciales y finales por lo cual es importante modelar diferentes productos, en la Figura 24 se muestra una vasca de frutos y verduras, en la Figura 25 se observa un frigorífico con diferentes carnes o mariscos y en la Figura 26 se observa contenedores de almacenamiento de lácteos, cada uno de ellos se los deben de almacenar a una humedad determinada.

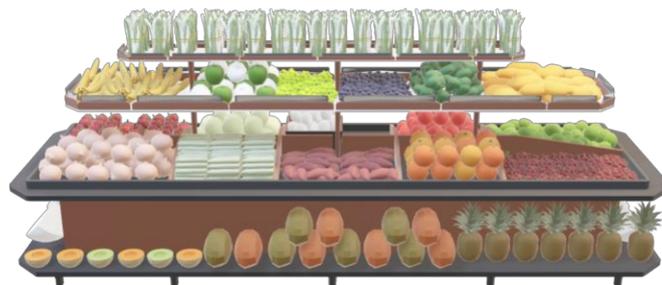


Figura 24 Vasca de frutos y verduras



Figura 25 Frigorífico con carnes y mariscos (vista superior)



Figura 26 Contenedores de lácteos

Humidificador

Para realizar el cambio de humedad y temperatura dentro de la nave industrial de la práctica 2 es necesario modelar humidificadores comerciales, para lo cual se tiene dos tipos: humidificador basado en intercambiador de vapor o humidificador basado en pulverizador de agua, para ello en la Figura 27 se observa un humidificador isotérmico que de acuerdo con el datasheet cuenta con unas dimensiones de 65.1 [cm] x 52.4 [cm] x 46.7 [cm] según el modelo SE 050 de codair, de igual forma Figura 28 se observa un humidificador adiabático, mediante su datasheet se modela de acuerdo con las siguientes dimensiones, 500 [mm] x 660 [mm] x 1400 [mm] según el modelo HP 100 con variador de frecuencia de codair.



Figura 27 Humidificador basado en intercambiador de vapor



Figura 28 Humidificador basado en pulverización de agua

2.3 Implementación y Programación de las Prácticas

Mediante el motor de desarrollo de Unity 3D y el entorno de programación de scripts de Microsoft Visual Studio se realiza el diseño de acuerdo al número de escenas necesitadas por cada práctica, para la práctica 1: “Sensores de humedad capacitivo o resistivo” fue necesario el diseño, implementación de siete escenas y para la práctica 2: “Humidificadores isotérmico y adiabático” fue necesario el diseño, implementación de igual manera de siete escenas, estas escenas están distribuidas de acuerdo a la Tabla 6.

Tabla 6 Distribución de las escenas de acuerdo con cada practica realizada

Escena	Practica 1	Practica 2
1	Laboratorio Virtual (Sala 3)	Laboratorio Virtual (Sala 3)
2	Practica: Sensores de humedad capacitivo o resistivo	Practica: Humidificadores isotérmico y adiabático
3	Botón: Sensor Resistivo	Botón: Humidificador Isotérmico
4	Botón: Sensor Capacitivo	Botón: Humidificador Adiabático
5	Botón: Información de la Practica	Botón: Información de la Practica
6	Botón: Comandos	Botón: Comandos

7	Botón: Instructivo de la practica	Botón: Instructivo de la practica
---	-----------------------------------	-----------------------------------

La Tabla 7 se observa una comparativa de diferentes motores gráficos donde destaca que el motor gráfico Unity ofrece una compatibilidad multiplataforma y además de ello una programación en lenguaje C# utilizado en el transcurso de la carrera.

Tabla 7 Comparación de motores gráficos

Motores Gráficos	Foco profesional	Lenguaje de Programación
Unity	Multiplataforma, 2D/3D	C#
Unreal Engine	AAA	C++, Blueprints
Godot	2D/3D, juegos indie	GDScript

En la Figura 29 se presenta la ventana del menú de la interfaz implementada que permitirá al usuario interactuar a través de la aplicación, en esta venta consta de varias escenas entre ella, information (Información de los desarrolladores), Instructive (Manual de uso de la interfaz), play (Laboratorios con las respectivas salas con la diferentes practicas) y exit (permite al usuario salir del laboratorio virtual).

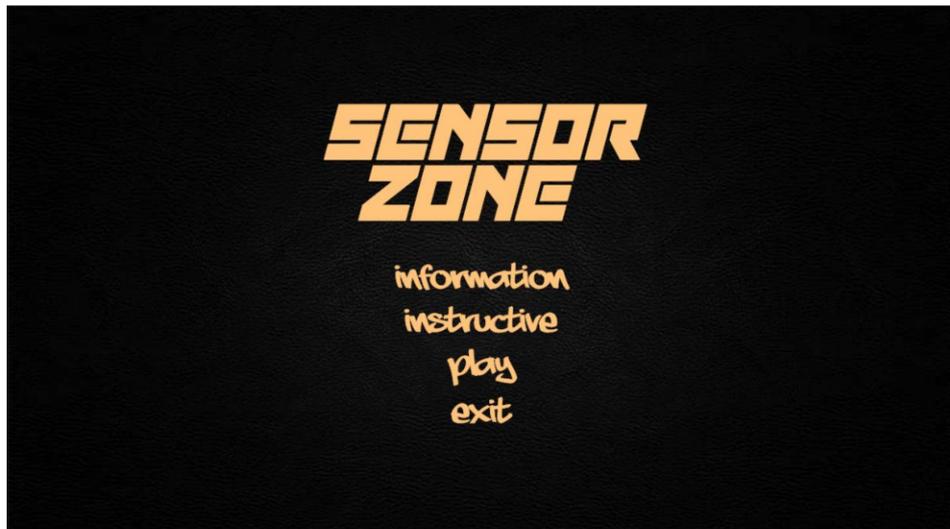


Figura 29 Menú de inicio del Laboratorio Virtual

Dentro de la escena play que se observa en la Figura 30 es un menú con cada una de las salas, cada una de ellas representa a una variable diferente de estudio, en este caso se utiliza la sala 3, donde estará distribuido en diferentes practicas sobre la variable humedad.

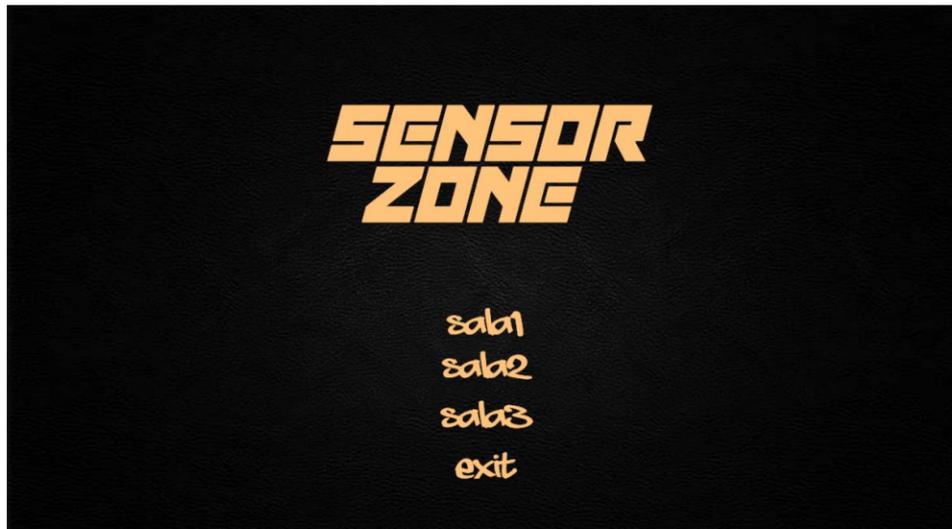


Figura 30 Menú de las salas del Laboratorio Virtual

Cada escena está dedicada a realizar una función específica, en la Figura 31 se diseña un diagrama de flujo que permite observar el funcionamiento de la escena principal (Figura 29) una vez ejecutado el programa, en esta escena se puede acceder a las diferentes salas o a la información del programa realizado.

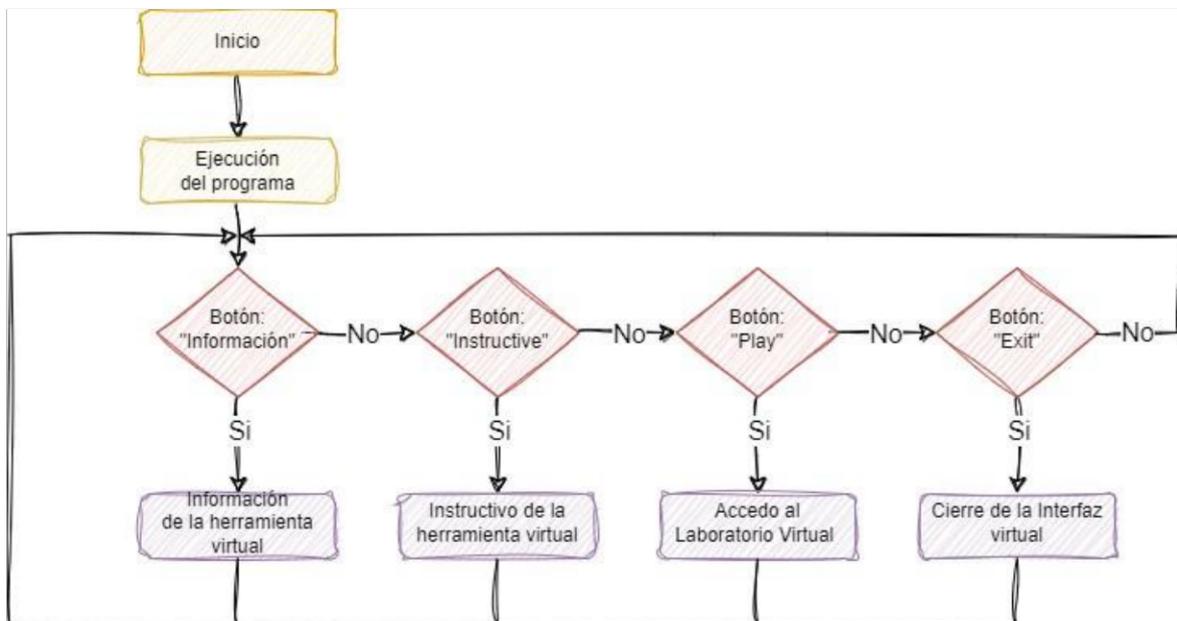


Figura 31 Diagrama de flujo del funcionamiento de la escena principal

En la Figura 32 se observa un diagrama de flujo que detalla el funcionamiento dentro de la sala 3, para ello se ingresa en la escena "Play" donde se desplegará un selector de Salas, como se menciona se selecciona la sala 3 donde se observará las diferentes prácticas diseñadas.

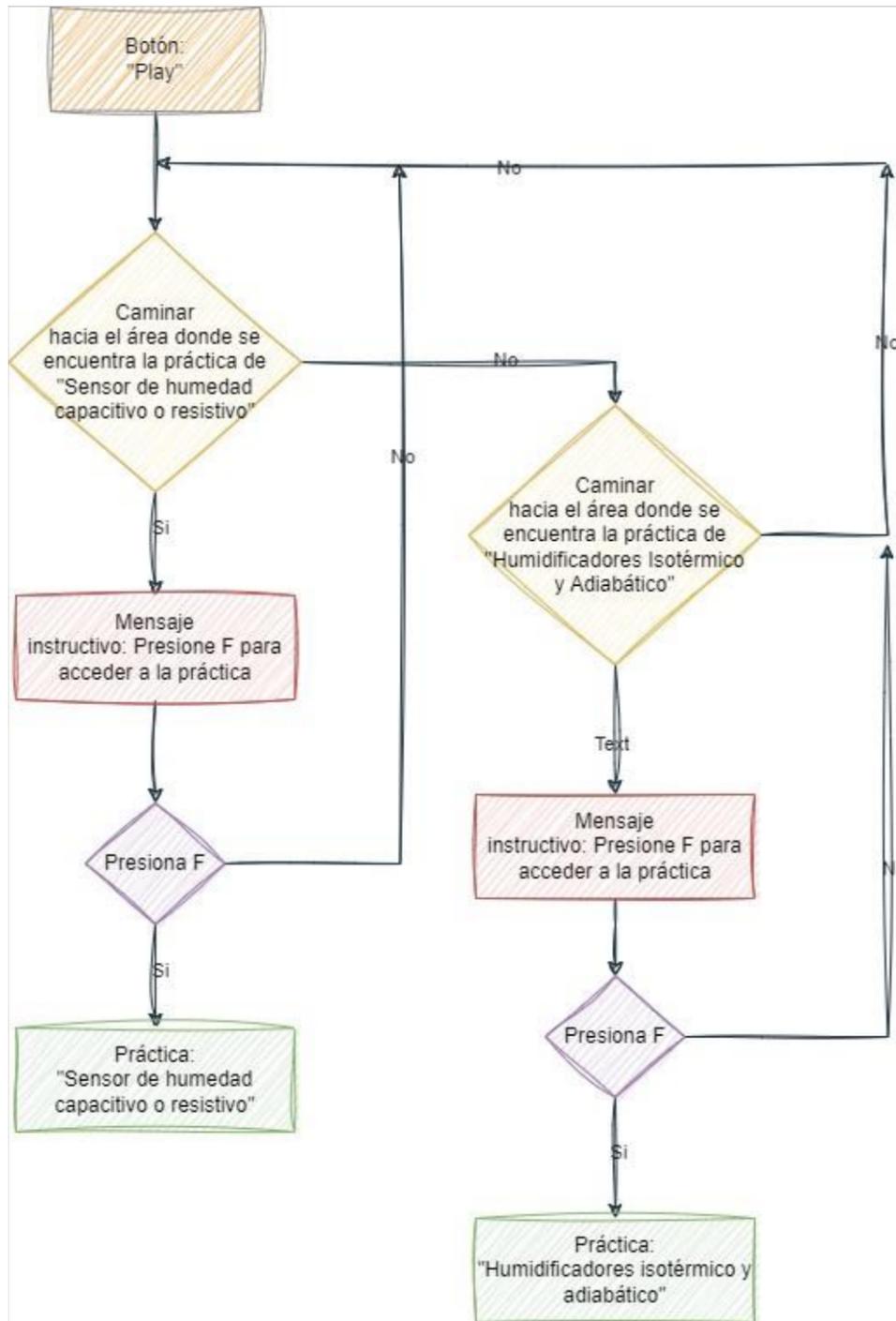


Figura 32 Diagrama de flujo del funcionamiento de la Sala 3

Una vez dentro de la mesa de trabajo de cada una de las prácticas, la programación se realiza de acuerdo con a los objetos, parámetros y ecuaciones que permiten que la práctica funcione de manera adecuada, en la primera práctica de : “Sensores de humedad capacitivo o resistivo” se había mencionado que es un sistema de riego de una planta de aloe para lo cual en la Figura 33 se observa el diagrama de flujo que explica el modo de funcionamiento de la práctica de acuerdo a los elemento mostrado en la interfaz, en este

caso cuenta de diferentes botones que al presionar mediante un clic se redireccionan a otras escenas que proveen información detallada de la práctica.

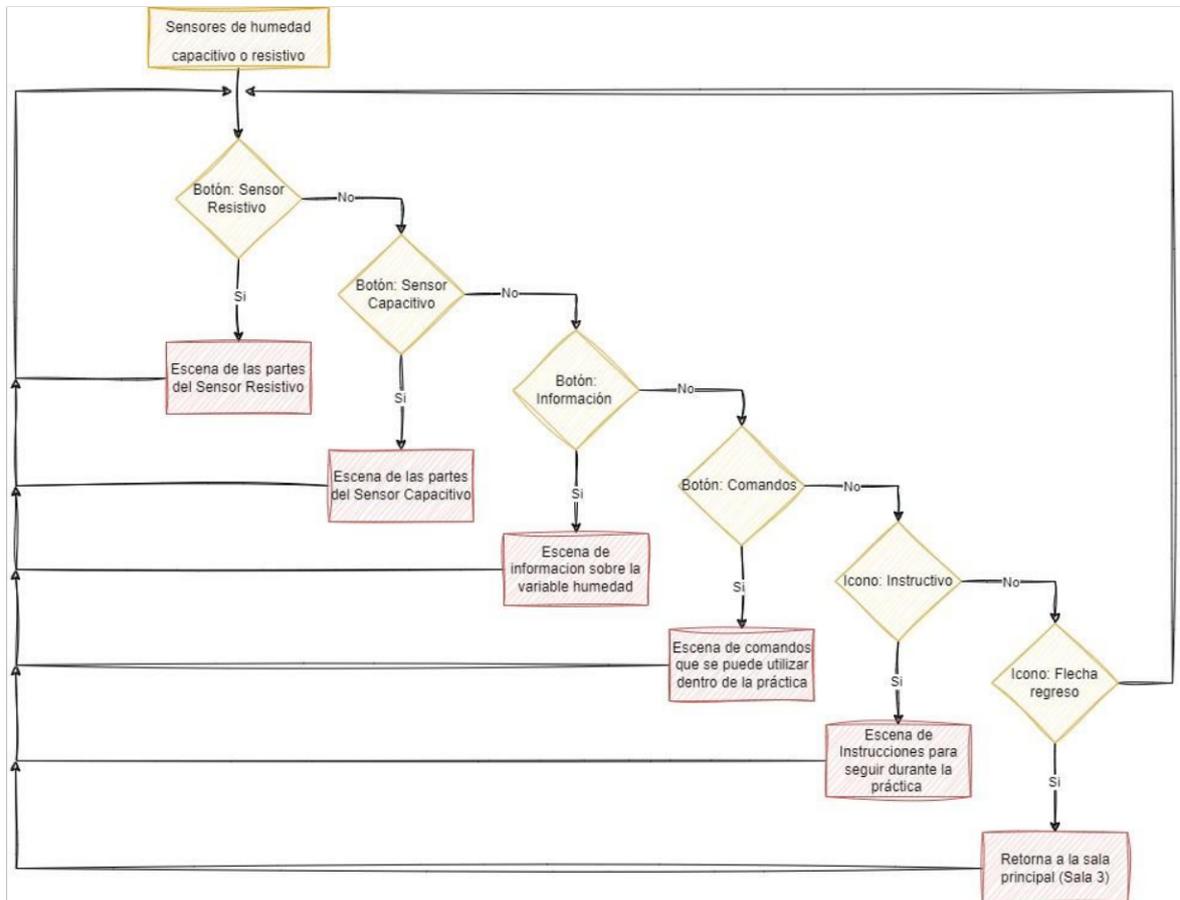


Figura 33 Diagrama de flujo del funcionamiento de la mesa de la práctica 1

De igual forma en la segunda práctica: “Humidificadores isotérmico y adiabático”, se había mencionado que es un sistema de almacenamiento que necesita el control de humedad en diferentes productos dentro de él, en la Figura 34 se observa el diagrama de flujo que explica el modo de funcionamiento de la práctica de acuerdo a los elemento mostrado en la interfaz, en este caso cuenta de diferentes botones que al presionar mediante un clic se redireccionan a otras escenas que proveen información detallada de la práctica.

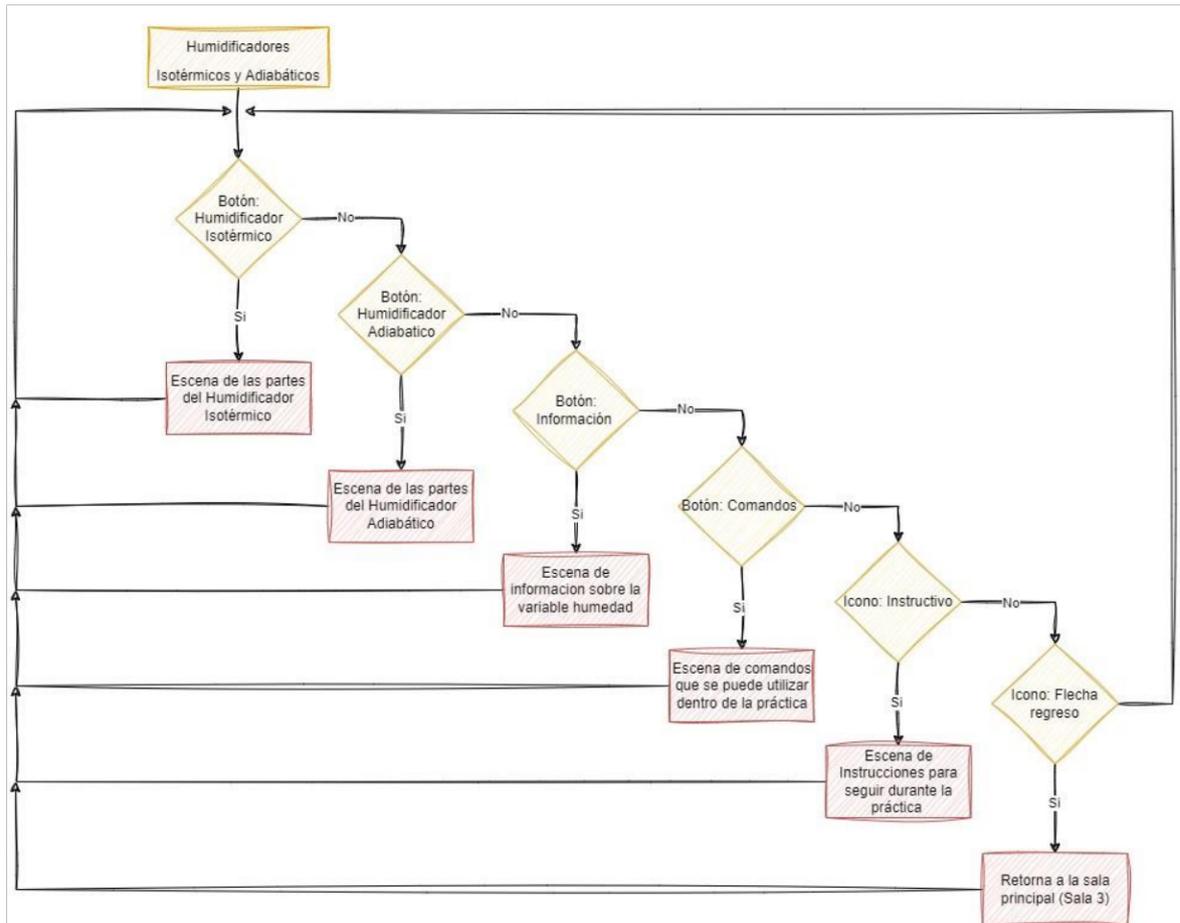


Figura 34 Diagrama de flujo del funcionamiento de la mesa de la práctica 2

2.3.1 Desarrollo de la práctica 1: “Sensor de humedad capacitivo o resistivo”

En la práctica 1 “Sensores de humedad capacitivo o resistivo” está basada en el control por histéresis de humedad de un sistema de riego de una planta de Aloe, para lo cual se utiliza dos tipos de sensores con diferentes principios de funcionamiento pero con la misma señal de salida (voltaje), con esta señal de salida se acondiciona mediante la programación del Arduino que posteriormente permitirá realizar el control de encendido y apagado de la bomba se suministró de agua dependiendo de la ventana de histéresis ingresado por teclado, además de ello se utiliza una pantalla LCD que permite visualizar el porcentaje de humedad a la que se encuentra la planta, en la Figura 35 se observa el diagrama de flujo que permite realizar el control por histéresis de la planta y la respectivas animaciones de efecto que conlleva la variación de humedad, este efecto se lo realiza mediante un slider.

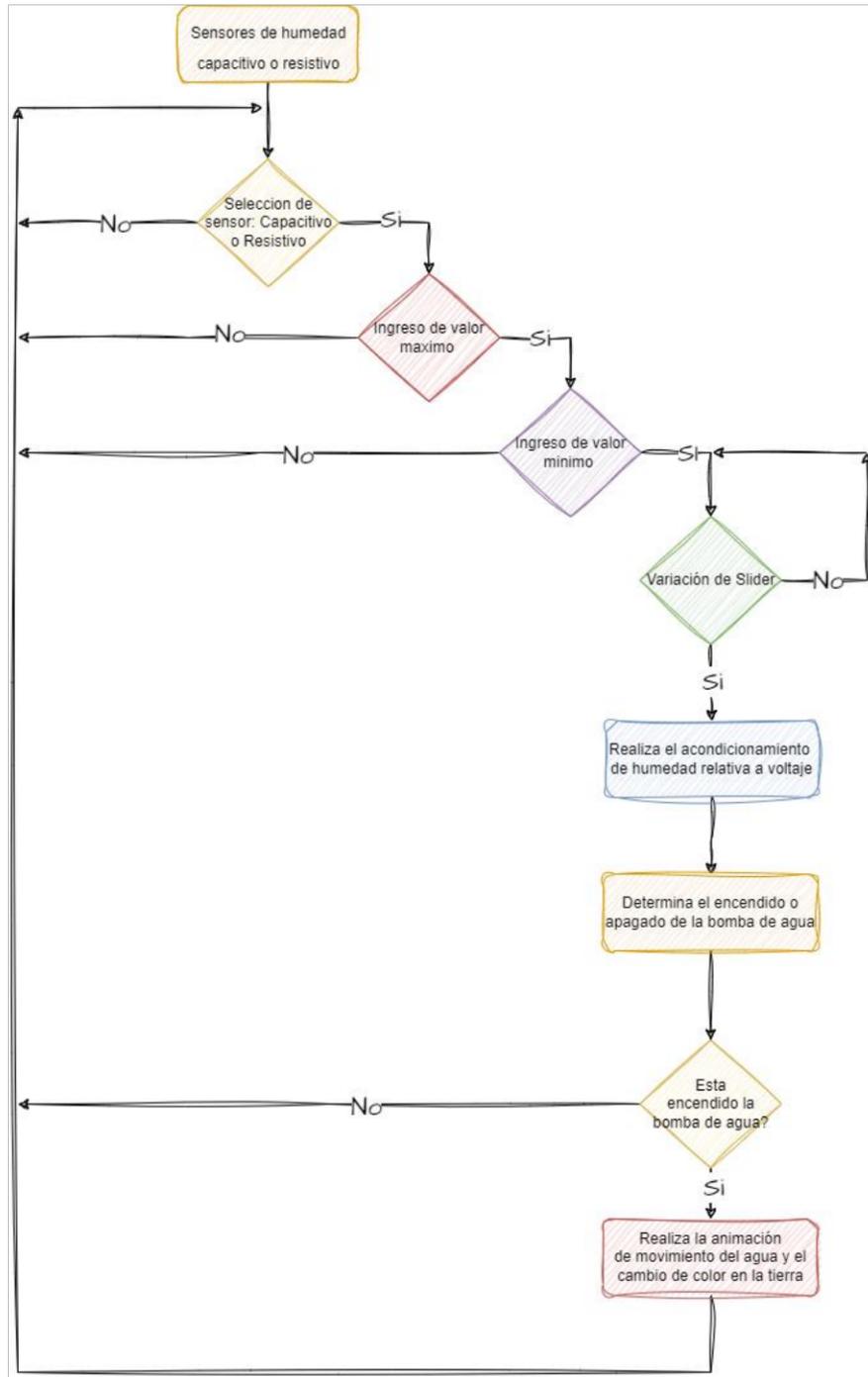


Figura 35 Diagrama de flujo que permite realizar el control por histéresis de la planta y las respectivas animaciones

En la Figura 35 se observa que se realiza acciones de acondicionamiento de humedad a voltaje, para lo cual se necesita determinar una ecuación de trabajo que ayude a observar el efecto que provoca el cambio de humedad por la acción del bombeo de agua y con ello mostrar este valor en el Multímetro. De acuerdo con las hojas de datos de los sensores antes mencionados se tiene que el rango de voltaje será de 0 a 2 voltios es decir que a 0% de humedad relativa se tendrá 2V y a 100% de humedad relativa se tendrá 0V, con esta

información se obtiene la Tabla 8 de entrada y salida que nos ayudara a determinar la ecuación de trabajo.

Tabla 8 Entrada y salida de acondicionamiento del sensor de humedad

Variable Física (Humedad)	Variable eléctrica (Voltaje)
0 [%]	2 [V]
100 [%]	0 [V]

En la Figura 36 se observa la gráfica que nos permite hallar la ecuación de acondicionamiento tomando los valores de la Tabla 8.

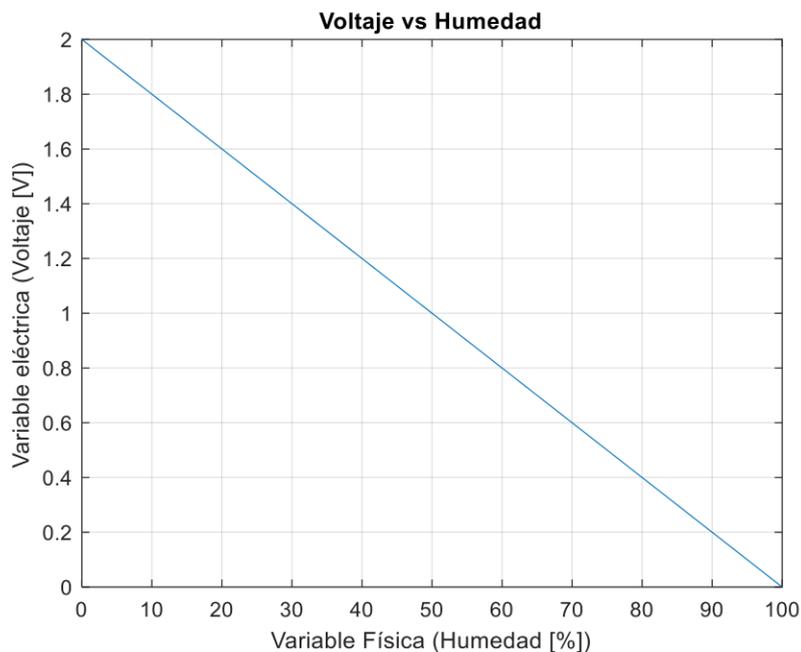


Figura 36 Grafica de la ecuación de trabajo para el acondicionamiento del sensor

La ecuación matemática que describe el proceso de acondicionamiento se expone mediante la siguiente ecuación:

$$Y = mX + B \tag{2.1}$$

Donde Y representa la variable eléctrica, en este caso el voltaje y X representa la variable física, en este caso la humedad relativa, por lo que si reemplazamos en la ecuación (2.1) se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_{out} = m * HR + B \tag{2.2}$$

Para determinar la pendiente de la recta m como el valor de B, se utiliza los valores de la variable física y la variable eléctrica de la Tabla 8, es decir los valores iniciales y finales de

la salida y la entrada, reemplazando en la ecuación (2.2) se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones.

$$2 [V] = m \cdot 0 + B \quad (2.3)$$

$$0 = m \cdot 100 [\%] + B \quad (2.4)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones descrita con las ecuaciones (2.3) y (2.4) se obtienen los valores de m y B

$$B = 2 \quad (2.5)$$

$$m = -\frac{2}{100} = -0.02 \quad (2.6)$$

Reemplazando en la ecuación (2.2) obtendremos la ecuación de trabajo que se utiliza en la programación del texto mostrado en la pantalla del multímetro como se observa en la Figura 37.

$$V_{out} = -0.02 \cdot HR + 2 \quad (2.7)$$

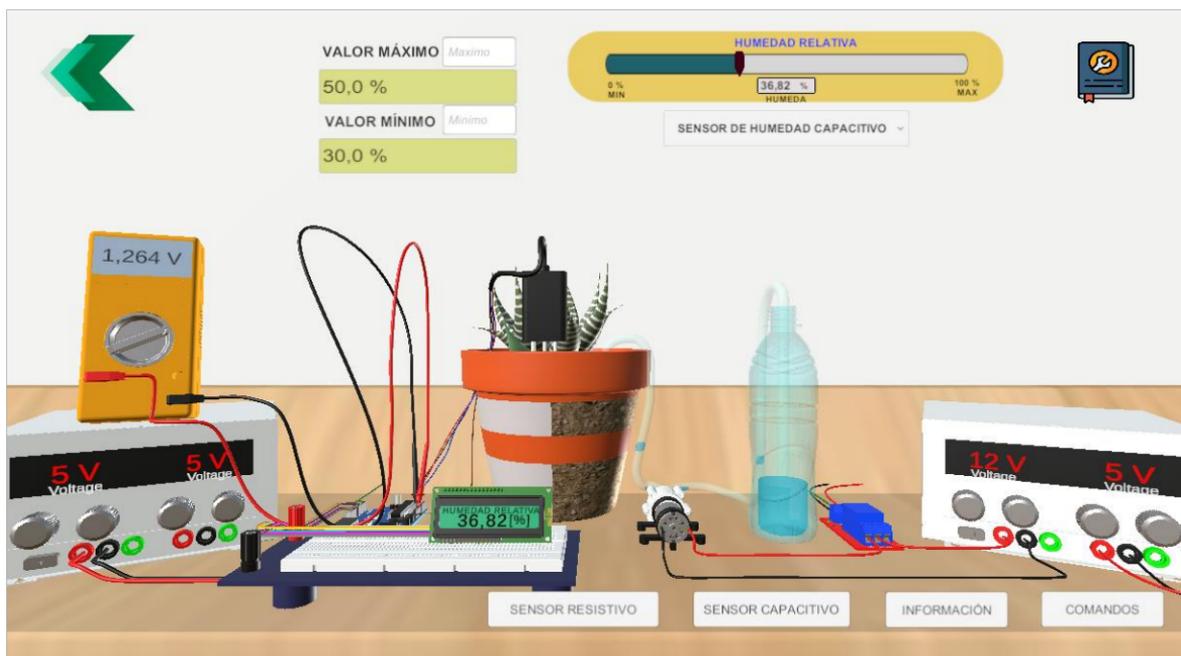


Figura 37 Texto del acondicionamiento del sensor mostrado en el multímetro

Finalmente, para determinar el estado de la bomba de agua se ha mencionado que se utiliza un control por histéresis para entender de mejor manera se ha generado un diagrama de flujo donde se observa la forma de funcionamiento de este tipo de control, en la Figura 38 se observa el diagrama de flujo que explica el modo de funcionamiento del control por histéresis.

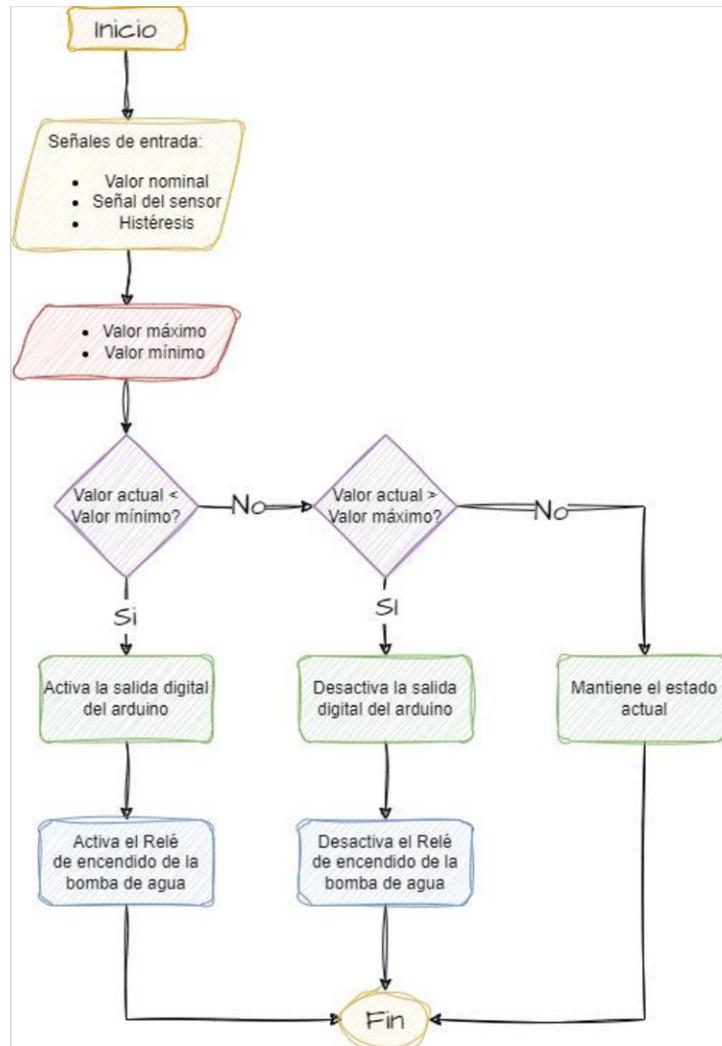


Figura 38 Diagrama de flujo del control por histéresis

2.3.2 Desarrollo de la práctica 2: “Humidificadores isotérmico y adiabático”

En la práctica 2 “Humidificadores isotérmico y adiabático” está basada en el sistema de monitoreo dentro de un galpón de almacenamiento de alimentos perecederos, para lo cual se utiliza dos tipos de humidificadores con diferentes principios de funcionamiento, uno mediante la vaporización de agua y el otro mediante la pulverización de agua, en el caso isotérmico como en el caso adiabático se trata de modificar la variable que en mayor proporción generan modificaciones en la variable humedad, para estos casos son la cantidad de vapor generado por el humidificador y la variación de la temperatura, respectivamente.

Para observar el funcionamiento del entorno virtual se realiza un diagrama de flujo (Figura 39) que permite observar las acciones que se toman al utilizar cada uno de estos humidificadores.

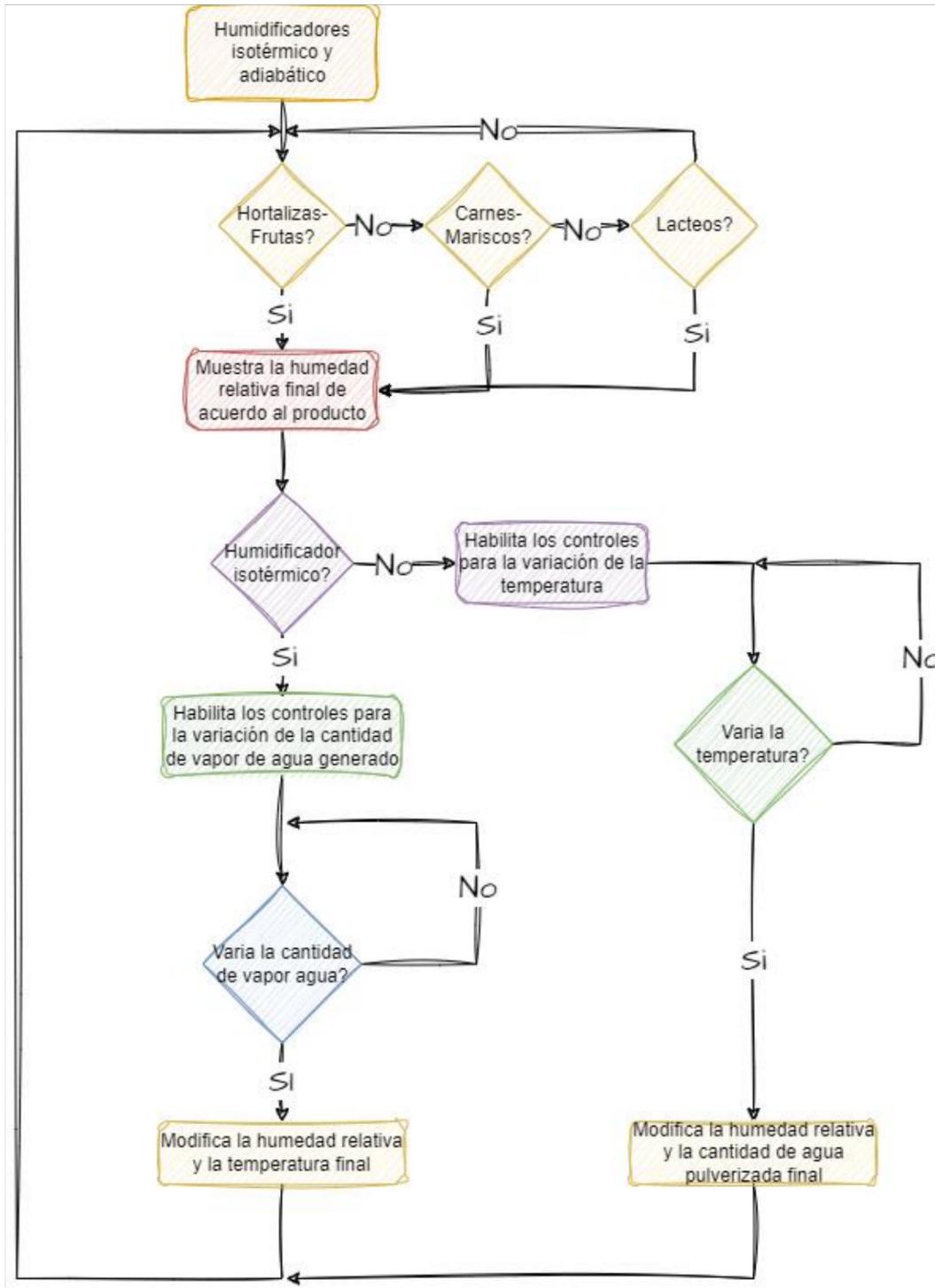


Figura 39 Diagrama de flujo del funcionamiento del entorno virtual sobre los humidificadores

En la Figura 39 se observa la de modificación en la humedad relativa, la temperatura y la cantidad de agua pulverizada, para lo cual se necesita determinar las ecuaciones que permitan realizar estos cambios, como se había mencionado se utiliza el diagrama H-X este diagrama permite observar el efecto que causa al utilizar estos tipos de humidificadores, para realizar la simulación de este diagrama se utiliza varias leyes que detallan a continuación.

Para los humidificadores isotérmicos, definimos los valores de temperatura, presión atmosférica y humedad absoluta (Cantidad de vapor generado), entonces tenemos las siguientes variables.

- T: Temperatura en grados Celsius
- P: Presión atmosférica en Pascales (101325 Pa).
- w: Humedad absoluta en kg/kg (Cantidad de vapor generado – modificable por interfaz).
- e: Presión de vapor de agua en Pascales (Pa).

Para determinar la presión de vapor de agua (e) se calcula con la ecuación de Antoine modificada, que relaciona la humedad absoluta con la presión de vapor de agua. La constante 0.622 se deriva de la relación entre la constante de los gases y la constante de gas específica para el vapor de agua, con lo que se obtiene la siguiente ecuación [19].

$$e = \frac{w * P}{0.622 + w} \quad (2.8)$$

Una vez determinada la presión de vapor, se calcula la humedad relativa (RH) utilizando la ecuación de la ley de Raoult para la presión de vapor de agua. Esta ecuación se utiliza para relacionar la presión de vapor de agua en el aire con la temperatura y la presión atmosférica. La constante 0.611 es una constante específica para el vapor de agua. La ecuación resultante se observa a continuación [19].

$$RH = \left(\frac{e}{100 \cdot 0.611 \cdot 10^{\frac{7.5 * T}{T + 237.3}}} \right) * 100 \quad (2.9)$$

Para los humidificadores adiabáticos, definimos los valores de temperatura, presión atmosférica y humedad absoluta (Cantidad de pulverización generada) iniciales, entonces tenemos las siguientes variables.

- T_{in} : Temperatura inicial en grados Celsius

- P : Presión atmosférica inicial en Pascales (101325 Pa).
- w_{in} : Humedad absoluta inicial en kg/kg, constante.
- e_{in} : Presión de vapor de agua inicial en Pascales (Pa).

Con ello utilizando las ecuaciones (2.8) y (2.9) determinamos la humedad relativa inicial que permitirá obtener un punto de partida para luego calcular la humedad relativa final mediante la variación de la temperatura del ambiente, con esto se tiene lo siguiente:

$$e_{in} = \frac{w_{in} * P_{in}}{0.622 + w_{in}} \quad (2.10)$$

$$RH_{in} = \left(\frac{e_{in}}{100 \cdot 0.611 \cdot 10^{7.5 \cdot \frac{T_{in}}{T_{in} + 237.3}}} \right) * 100 \quad (2.11)$$

Una vez determinada la humedad relativa inicial, definimos las variables finales:

- T_{fn} : Temperatura final en grados Celsius (Temperatura – modificable por interfaz).
- P : Presión atmosférica final en Pascales (101325 Pa).
- w_{des} : Humedad absoluta de desplazamiento entre el punto inicial y el punto final en kg/kg.
- w_{fn} : Humedad absoluta final en kg/kg.
- e_{des} : Presión de vapor de agua de desplazamiento entre el punto inicial y el punto final en Pascales (Pa).
- e_{des} : Presión de vapor de agua final en Pascales (Pa).
- RH_{fn} : Humedad relativa final (%)

Una vez descrito las variables finales se determina la presión de vapor de agua despejándola de la ecuación (2.9) con esto calcularemos el desplazamiento de la presión de vapor desde el punto inicial hasta el punto final mediante la modificación por interfaz de la temperatura final.

$$e_{des} = e_{in} - 6.11 \cdot RH_{in} \cdot \left(10^{7.5 \cdot \frac{T_{fn}}{T_{fn} + 237.3}} \right) \quad (2.12)$$

Luego se determina el desplazamiento de la humedad absoluta desde el punto inicial hasta el punto final, utilizando la ecuación (2.8) y con lo determinado en la ecuación (2.12), con esto se obtiene la siguiente ecuación.

$$w_{des} = \frac{-0.622 \cdot e_{des}}{e_{des} - P} \quad (2.13)$$

Por otro lado, se determina la humedad absoluta mediante la suma de la humedad absoluta inicial más la humedad absoluta de desplazamiento, con lo que nos queda la siguiente ecuación.

$$w_{fn} = \frac{w_{des} \cdot 1000 + w_{in} \cdot 0.0215}{1000} \quad (2.14)$$

Una vez determinada la humedad absoluta final se determina la presión de vapor de agua reemplazando en la ecuación (2.8) así obteniendo los siguiente.

$$e_{fn} = \frac{w_{fn} \cdot P}{0.622 + w_{fn}} \quad (2.15)$$

Finalmente se obtiene la humedad relativa final a la que se encuentra una vez que se haya modificado la temperatura y la cantidad de pulverización presente en ese instante, reemplazando en la ecuación (2.9) se obtiene esta ecuación.

$$RH_{fn} = \left(\frac{e_{fn}}{100 \cdot 0.611 \cdot 10^{\frac{7.5 \cdot T_{fn}}{T_{fn} + 237.3}}} \right) * 100 \quad (2.16)$$

2.4 Requisitos de funcionamiento

Para garantizar que el software diseñado funcione de forma adecuada, el motor grafico Unity3D nos indica que el ejecutable se debe correr en una PC con las siguientes especificaciones recomendadas o mininas.

Requisitos recomendados:

- Procesador: Intel Core i5-2500K / AMD FX-8350
- Memoria RAM: 6 GB DDR3
- Tarjeta gráfica: Compatible con DirectX 11 y con 2 GB de VRAM como mínimo
- Espacio en disco: 50 GB

Requisitos mínimos:

- Sistema operativo: Windows 7, 8 o 10
- Procesador: Core 2 Duo o superior
- Memoria: 1 GB de RAM
- Gráficos: DirectX11 Compatible GPU con 512 MB Video RAM
- Almacenamiento: 100 MB de espacio disponible
- Tarjeta de sonido: DirectX compatible Tarjeta de sonido

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se invitó a treinta y nueve estudiantes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, de la carrera de Electrónica y Automatización, quienes ya habían cursado la materia de Sensores y Transductores en el periodo académico 2023B, a probar la herramienta virtual y proporcionar retroalimentación sobre su funcionalidad, accesibilidad, diseño e información ofrecida en la herramienta.

Una vez completadas las evaluaciones, se solicitó a los estudiantes que, a través de un enlace en la herramienta de elaboración de encuestas "Microsoft Forms", completaran de manera anónima una encuesta diseñada para evaluar el siguiente objetivo:

- Esta encuesta tiene como objetivo evaluar de manera integral el conocimiento técnico, el diseño visual, la accesibilidad y la funcionalidad de la herramienta virtual en el contexto de las prácticas mencionadas.

1. Sensores de humedad capacitivo o resistivo

2. Humidificadores Isotérmico y Adiabático

Antes de que los estudiantes puedan acceder a la encuesta, se proporcionó una breve explicación sobre la interfaz gráfica, incluyendo un ejercicio práctico asociado a cada práctica previamente llevada a cabo. Posteriormente, se presenta un ejemplo que ilustra el funcionamiento del primer ejercicio, enfocado en los sensores de humedad, ya sean capacitivos o resistivos.

La escena final a la que se tiene acceso se muestra en la Figura 40 se observa la escena principal de la mesa de trabajo de la práctica de "Sensores de humedad capacitivo o resistivo", donde, el dropdown (desplegable) permite escoger el tipo de sensor que realizar la medición de humedad alrededor de la planta de Aloe, por otro lado, el slider ayuda a

variar la variable haciendo que se active o desactive la bomba dependiendo de la ventana de histéresis, esta ventana debe ser ingresado por teclado, el porcentaje máximo de humedad es el 70% si se supera este valor provocaría la propagación de hongos en las raíces de la planta, en cambio el porcentaje mínimo de humedad es el 15% si es menor al mínimo en la planta no podrá generar nuevos brotes y en ambos casos la muerte de esta, con ello se observara la variación de la humedad del suelo y finalmente el multímetro se observa el voltaje generado por el sensor de humedad el cual será acondicionado por el Arduino y observado en la pantalla LCD.

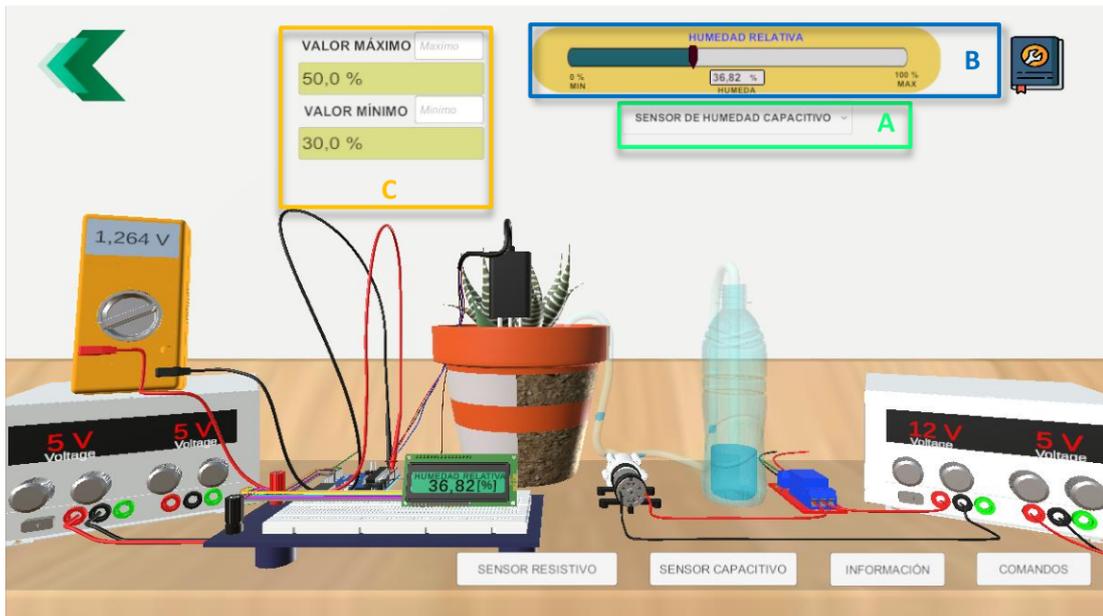


Figura 40 a) Desplegable, b) Slider, c) Ventana de Histéresis

En la Figura 41 se observa la escena principal de la mesa de trabajo de la práctica de “Humidificadores Isotérmico y Adiabático”, donde, el primer dropdown (desplegable) permite escoger el tipo de producto que modificar la condición final de humedad a la que se quiere llegar y con eso los productos se conserven a un mayor tiempo, el segundo dropdown ayuda a modificar el tipo de humidificación que se utiliza para finalmente a través de los botones de más (+) y menos (-) cambiar la cantidad de generación de vapor para el caso isotérmico o la generación de evaporización en el caso adiabático estos efectos se podrán observar por la variación de la cantidad de niebla como se observa en la Figura 42 o la variación de la cantidad de pulverización del agua mostrado en la Figura 43 para así finalmente modificar la humedad del ambiente.

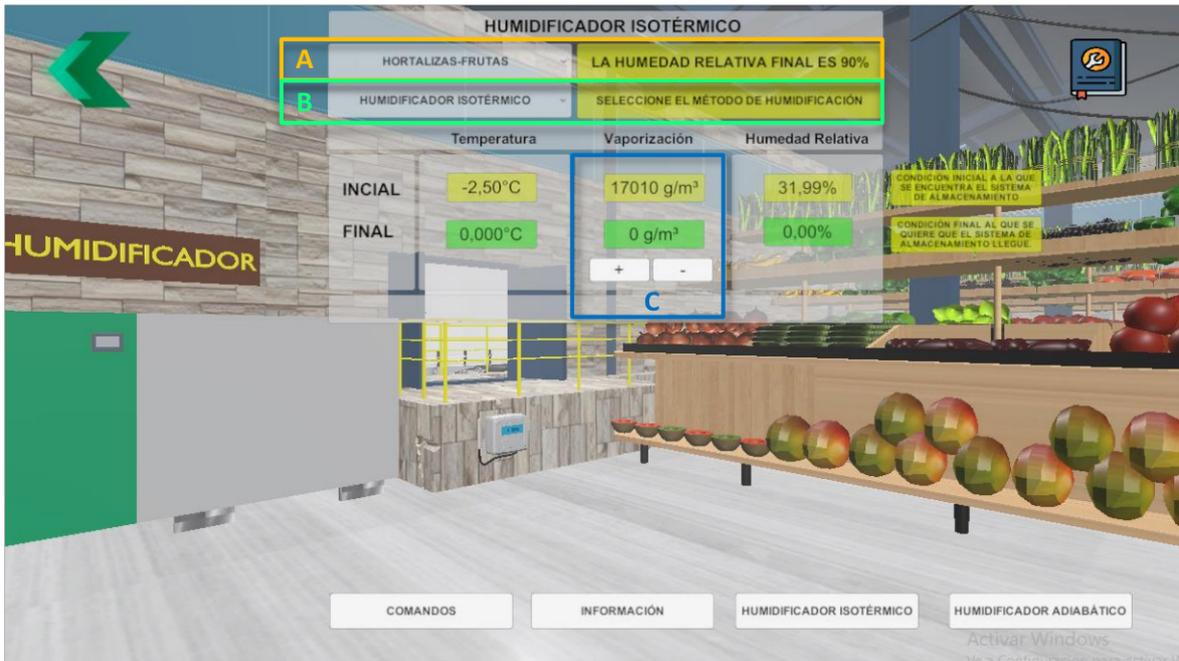


Figura 41 a) Primer desplegable, b) Segundo desplegable, c) Botones de modificación de la variable



Figura 42 Efecto de vaporización en el ambiente

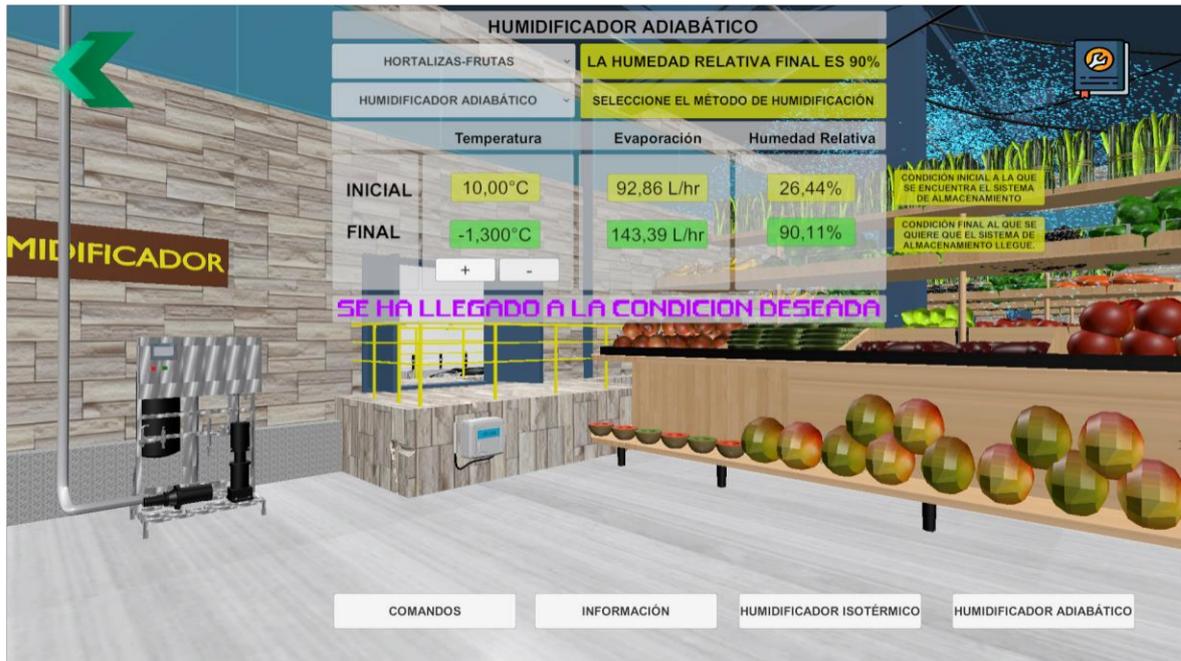


Figura 43 Efecto de evaporización en el ambiente

Al finalizar el diseño del entorno virtual de la variable humedad, se realiza modificaciones antes de exportar a un archivo que sea ejecutado en cualquier computador que cuente con el sistema operativo Windows.

La versión final es compatible con cualquier tipo de computador ya sea de escritorio o portátil siempre y cuando cumpla con los requisitos mínimos antes mencionados, además de ello debe de contar con una pantalla con resolución de 1280x720 pixeles para que el software diseñado funciona de manera adecuada.

3.1 Resultados

Para obtener retroalimentación y perspectivas sobre su experiencia con la versión final del proyecto se realiza una encuesta de diez preguntas que son desglosadas a continuación, las preguntas abarcan diversos aspectos a ser evaluadas, desde la usabilidad de la interfaz hasta la efectividad de las características implementadas.

La primera pregunta hace referencia al tiempo que se toma entre la descarga y la ejecución de la herramienta, en la Figura 44 se observa que el 41% (16 estudiantes) requirió menos de 5 minutos en realizarlo, el 33% (13 estudiantes) requirió entre 5 minutos y 10 minutos, el 18% (7 estudiantes) requirió entre 10 minutos a 15 minutos y el 8% (3 estudiantes) requirió más de 15 minutos en realizar la descarga y ejecución de la herramienta virtual.

Tabla 9 Resultados de las pruebas realizadas referente al tiempo que se toma entre la descarga y la ejecución de la herramienta

Pregunta N° 1	Estudiantes	Porcentaje
Menos de 5 minutos	16	41%
De 5 a 10 minutos	13	33%
De 10 a 15 minutos	7	18%
Mas de 15 minutos	3	08%



Figura 44 Resultados de la primera pregunta del la encuesta realizada.

En la segunda pregunta permite detectar problemas de funcionamiento mientras se utilizaba la herramienta virtual diseñada, en la Figura 45 se observa que el 46% (18 estudiantes) no tuvieron ningún problema de funcionamiento de la herramienta, el 28% (11 estudiantes) tenían problemas de rendimiento esto se debe a que el ordenador en el que estaban utilizando con contaba con los requisitos mínimos mencionados, el 21% (8 estudiantes) tuvieron errores inesperados esto se debe a la compatibilidad con el sistema operativo utilizado o por malos utilización de la herramienta y el 5% (2 estudiantes) tuvieron problemas por la falta de respuesta en tiempo real esto se debe a problemas propiamente del ordenador utilizado.

Tabla 10 Resultados de las pruebas realizadas referente a los problemas de funcionamiento mientras se utilizaba la herramienta virtual diseñada

Pregunta N° 2	Estudiantes	Porcentaje
Problemas de rendimiento	11	28%
Falta de respuesta en tiempo real	2	05%
Errores inesperados	8	21%
Ninguno	18	46%

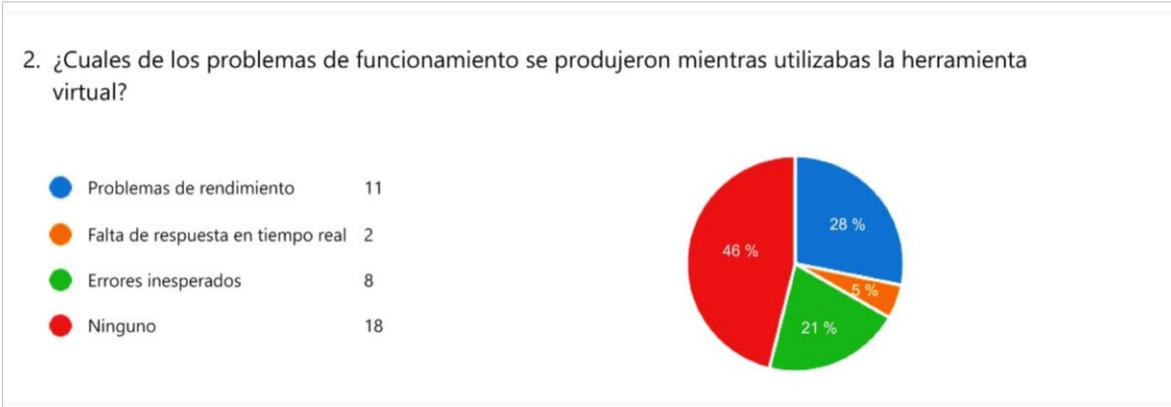


Figura 45 Resultados de la segunda pregunta de la encuesta realizada.

En la tercera pregunta permite conocer las posibles mejoras que se puede mejorar en la herramienta virtual diseñada en la Figura 46 se observa que el 38% (15 estudiantes) recomiendan que la funcionalidad del entorno sea más intuitiva y fácil de utilizar, el 36 % (14 estudiantes) recomiendan que la redacción de la información sea más concisa a lo que se requiere realizar durante la práctica, el 13% (5 estudiantes) recomiendan que el entorno visual sea similar a los objetos en la realidad y finalmente el 13% (5 estudiantes) expresan que no existe ninguna mejora que se le puede realizar al entorno virtual.

Tabla 11 Resultados de las pruebas realizadas referente a las posibles mejoras que se pueden realizar en la herramienta virtual diseñada.

Pregunta N° 3	Estudiantes	Porcentaje
Entorno Visual	5	13%
Funcionalidad	15	38%
Redacción de la Información	14	36%
Ninguno	5	13%

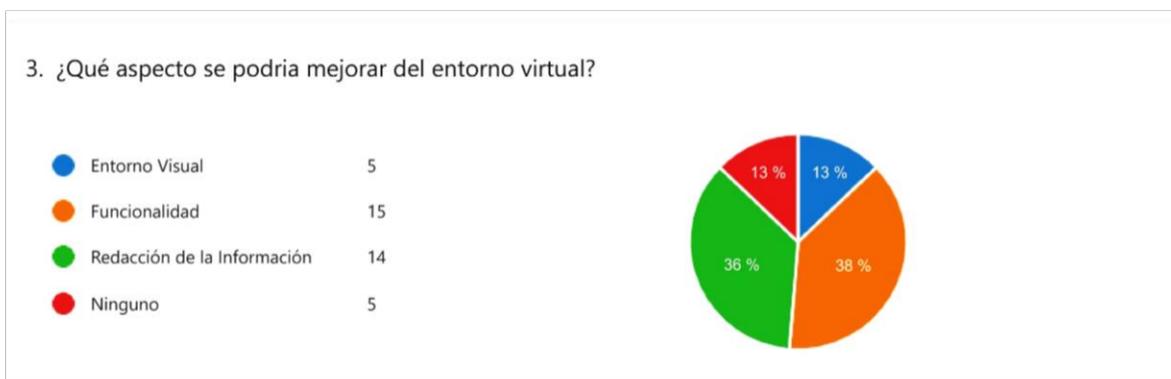


Figura 46 Resultados de la tercera pregunta de la encuesta realizada.

La cuarta pregunta permite conocer si la información proporcionada sobre los sensores de humedad y los tipos de humidificadores es beneficiosa para el aprendizaje. En la Figura 47

se observa que el 62% (24 estudiantes) están de acuerdo que es útil, el 36% (14 estudiantes) están de acuerdo que es muy útil, el 3% (1 estudiante) expresa que es poco útil y nadie expresa que es nada útil la información proporcionada dentro de la herramienta virtual.

Tabla 12 Resultados de las pruebas realizadas referente a conocer si la información proporcionada es beneficiosa para el aprendizaje.

Pregunta N° 4	Estudiantes	Porcentaje
Muy útil	14	36%
Útil	24	62%
Poco útil	1	03%
Nada útil	0	0%

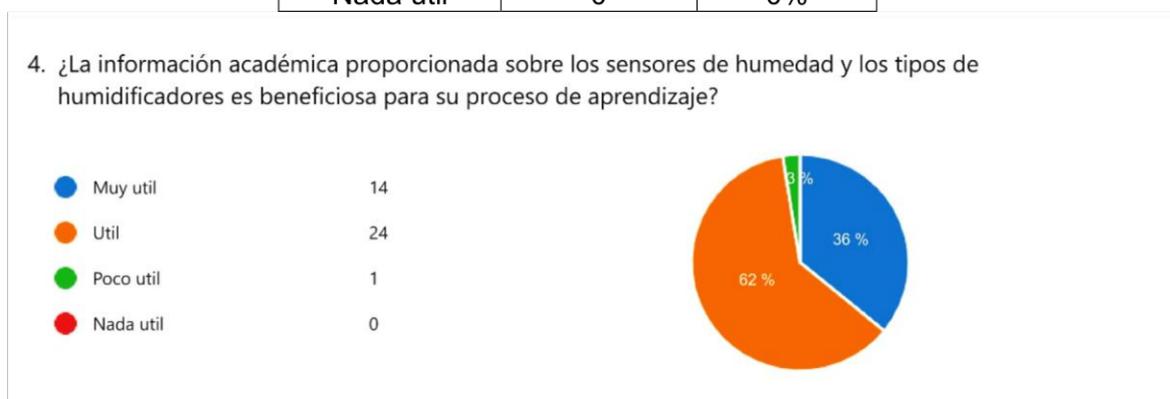


Figura 47 Resultados de la cuarta pregunta de la encuesta realizada.

La quinta pregunta permite determinar si los entornos virtualizados son efectivos en términos didácticos y prácticos, y se asemejan a las especificaciones indicadas en la hoja de datos del dispositivo. En la Figura 48 se observa que el 97% (38 estudiantes) están de acuerdo que los dispositivos virtualizados se asemejan con las especificaciones dadas por el fabricante, en cambio el 3% (1 estudiante) no está de acuerdo que se asemejen con esto.

Tabla 13 Resultados de las pruebas realizadas referente a determinar si los entornos virtualizados se asemejan a las especificaciones indicadas.

Pregunta N° 5	Estudiantes	Porcentaje
Si	38	97%
No	1	03%

5. ¿Los entornos virtualizados son efectivos en términos didácticos y prácticos, y se asemejan a las especificaciones indicadas en la hoja de datos del dispositivo?

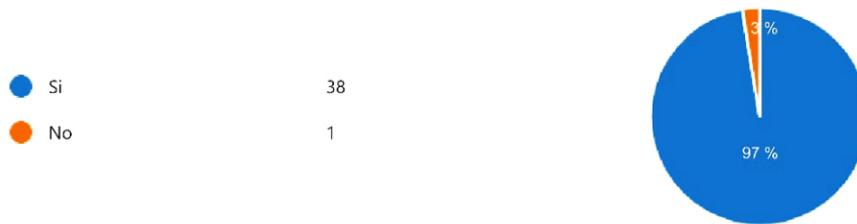


Figura 48 Resultados de la quinta pregunta de la encuesta realizada.

En la sexta pregunta permite determinar si los entornos virtuales son de gran ventaja para el aprendizaje de nuevos conocimientos. En la Figura 49 se observa que el 87% (34 estudiantes) expresan que son de gran ayuda, en cambio el 13% (5 estudiantes) expresan que no son de gran ayuda los entornos virtuales en el aprendizaje de nuevos conocimientos.

Tabla 14 Resultados de las pruebas realizadas referente a determinar si los entornos virtuales son de gran ventaja para el aprendizaje de nuevos conocimientos

Pregunta N° 6	Estudiantes	Porcentaje
Si	34	87%
No	5	13%

6. ¿Considera que los entornos virtuales ofrecen ventajas significativas para facilitar el aprendizaje de nuevos conocimientos?

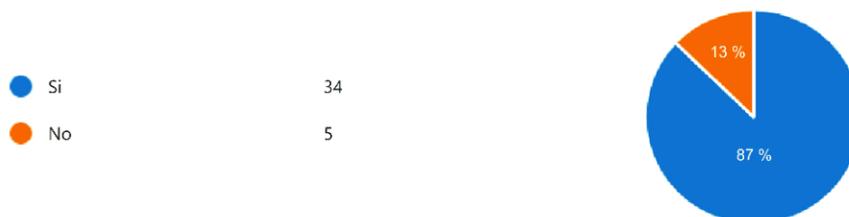


Figura 49 Resultados de la sexta pregunta de la encuesta realizada.

La séptima pregunta permite conocer si el entorno virtual diseñado influyó en forma general el fortalecimiento de sus conocimientos sobre la variable de humedad, en términos de adquisición de información técnica y habilidades específicas relacionadas con la medición, control o gestión de la humedad en un sistema de riego o un sistema de almacenamiento. En la Figura 50 se observa que el 58% (22 estudiantes) expresan que se influye en un nivel medio, el 24% (9 estudiantes) expresan que se influye en un nivel alto, el 18% (7

estudiantes) expresa que se influye en un nivel bajo el fortalecimiento de conocimiento de la variable humedad.

Tabla 15 Resultados de las pruebas realizadas referente a conocer si el entorno virtual diseñado influyó en conocimientos sobre la variable de humedad.

Pregunta N° 7	Estudiantes	Porcentaje
Mucho	9	24%
Medio	22	58%
Bajo	7	18%
Nada	0	0%

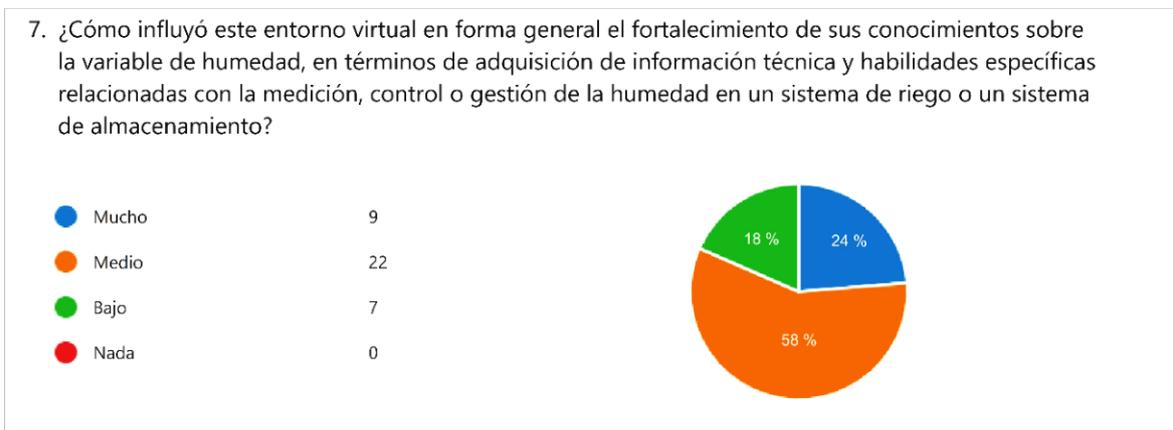


Figura 50 Resultados de la séptima pregunta de la encuesta realizada.

En la octava pregunta permite conocer el comportamiento de la interfaz gráfica tales como botones, selectores, campos de entrada y la interacción con el teclado, están de acuerdo con las especificaciones y expectativas definidas en términos de su comportamiento y respuesta dentro del entorno virtual. En la Figura 51 se observa que el 45% (17 estudiantes) experimentan que casi siempre responde de manera esperada, el 42% (16 estudiantes) experimentan que siempre responde de manera esperada, el 5% (13 estudiantes) experimentan que a veces responde de manera esperada, esto se debe a lo mencionado en la pregunta dos donde se menciona que los ordenadores no cumplen con los requisitos mínimos y por tanto cuentan con problemas de rendimiento.

Tabla 16 Resultados de las pruebas realizadas referente a conocer si el entorno virtual diseñado influyó en conocimientos sobre la variable de humedad.

Pregunta N° 8	Estudiantes	Porcentaje
Siempre	16	42%
Casi siempre	17	45%
A veces	5	13%
Nunca	0	0%

8. ¿Los elementos de la interfaz de usuario virtual, tales como botones, selectores, campos de entrada y la interacción con el teclado, están funcionando de acuerdo con las especificaciones y expectativas definidas en términos de su comportamiento y respuesta dentro del entorno virtual?

● Siempre	16
● Casi siempre	17
● A veces	5
● Nunca	0

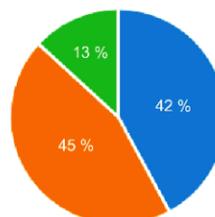


Figura 51 Resultados de la octava pregunta de la encuesta realizada.

En la novena pregunta permite conocer la probabilidad en un rango de cero a cinco, donde cero es nada probable y cinco es extremadamente probable que el entorno virtual diseñado sea recomendado a amigos, compañeros o familiares. En la Figura 52 se observa que el 46 % (18 estudiantes) expresan que es muy probable que lo recomienden, el 31% (12 estudiantes) expresan que es probable que lo recomienden, el 13% (5 estudiantes) expresan que es extremadamente probable que lo recomienden, el 8 % (3 estudiantes) expresan que es moderadamente probable que lo recomienden y el 2% (1 estudiante) expresa que el poco probable que recomiende el software a amigos, compañeros o familiares.

Tabla 17 Resultados de las pruebas realizadas referente a conocer la probabilidad de recomendar a amigos, compañeros o familiares.

Pregunta N° 9	Estudiantes	Porcentaje
Nada probable – 0	0	0%
Poco probable – 1	1	02%
Moderadamente probable – 2	3	08%
Probable – 3	12	31%
Muy probable – 4	18	46%
Extremadamente probable – 5	5	13%

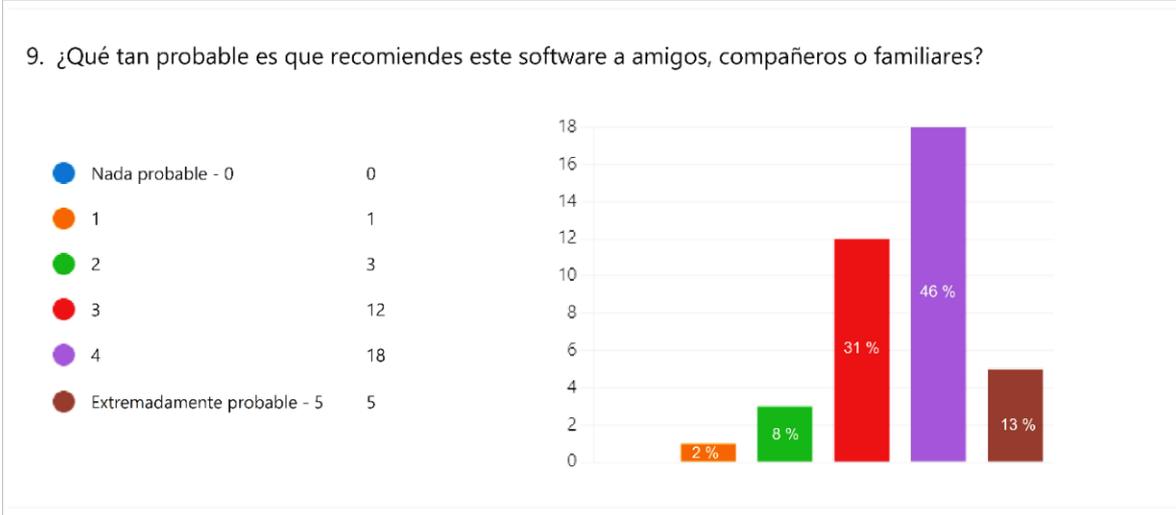


Figura 52 Resultados de la octava pregunta de la encuesta realizada.

Finalmente, la pregunta diez permite que el estudiante coloque un comentario sobre las mejoras que se podrían considerar necesario en el entorno virtual. En la Figura 53 se observa algunos de los comentarios enviados por los estudiantes, en cambio en la Figura 54 se observa una lluvia de ideas donde se muestra que la mayoría de los estudiantes expresan que se debe de modificar la interacción con botones al momento de variar la variable expresada, por sliders o campos de entrada lo que permitan que la herramienta virtual sea más intuitiva.

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Poder colocar mas variables
2	anonymous	El rendimiento que tiene es muy bajo, es decir que tiene una mala optimización
3	anonymous	Mejor descripción del proceso
4	anonymous	en lugar de poner botones en el humidificador, colocar un slider para variar el sistema
5	anonymous	poder variar la temperatura o las variables con las flechas del teclado
6	anonymous	poder escribir en el humificador los valores en ves de ir aumentando con las flechas
7	anonymous	Modificar para que sea compatible con varias resoluciones de pantalla o informar sobre ese problema en el manual

8	anonymous	Arreglar el problema de resolución de pantalla.
9	anonymous	...
10	anonymous	Se debería incluir un tutorial de uso para personas que no están familiarizados con sistemas digitales
11	anonymous	Un indicador visual del encendido ya apagado del motor.
12	anonymous	En el Humificador adiabático están los botones de aumentar y disminuir al revés. No se llega a apreciar como funcionan los elementos finales de control en los humificadores.
13	anonymous	Permitir que funcione para toda resolución de pantalla
14	anonymous	Ser más didáctico la práctica de los humificadores
15	anonymous	Agregar mejores funciones a los botones (que cambie los valores con solo mantener presionado el botón)

Figura 53 Comentarios enviados de manera anónima en la pregunta diez

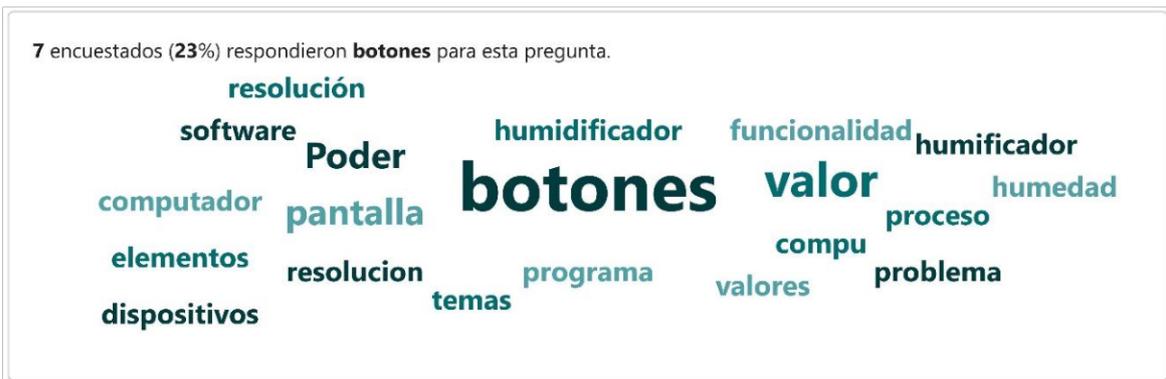


Figura 54 Lluvia de ideas de las palabras más comentadas en la pregunta diez

De forma general, las encuestas muestran que el software desarrollado para las prácticas de humedad cumple con altos estándares en términos de conocimiento técnico, diseño visual, accesibilidad y funcionalidad. La implementación técnica demuestra solidez y eficiencia, el diseño visual es atractivo y funcional, la accesibilidad y la funcionalidad de la herramienta virtual se evalúa de manera satisfactoria en el contexto de las prácticas mencionadas.

3.2 Conclusiones

La revisión bibliográfica sobre la variable humedad, plataformas de desarrollo en línea y diseño de herramientas virtuales permitió la selección de software y la generación de las diferentes escenas que componen la herramienta virtual y presente información relevante en las mismas.

El uso de softwares de modelado 3D como AutoCAD o Blender permitió la representación tridimensional precisa de cada uno de los dispositivos, cumpliendo meticulosamente con las especificaciones de las hojas de datos de los fabricantes utilizados.

La elaboración de algoritmos de control permitió coordinar los elementos 3D con las acciones del entorno virtual del laboratorio haciendo que los elementos que conforman las escenas e información permitan simular los elementos reales, interactuar al usuario y adquirir conocimientos sobre la variable.

A través de la utilización de Unity3D, un motor de desarrollo gráfico, permitió diseñar dos prácticas de la variable humedad, destinada a los sensores y humidificadores de humedad, logrando una herramienta funcional de emulación de un laboratorio de virtual.

Las pruebas de funcionalidad realizadas con 39 estudiantes del curso de Instrumentación Industrial destacan la calidad, eficacia y utilidad de las prácticas diseñadas en relación con la variable, al tener resultados positivos en cada una de sus 10 preguntas.

La encuesta destaca que un entorno de simulación como complemento al laboratorio físico ofrece nuevos conocimientos de las crecientes demandas tecnológicas en el ámbito de la instrumentación.

3.3 Recomendaciones

Como perspectiva futura para la herramienta virtual, se contempla la expansión mediante la incorporación de prácticas adicionales que aborden diversas temáticas presentes en el Plan de Estudios Académicos (PEA) de Sensores y Traductores, así como en Instrumentación Industrial. Este enfoque pretende ofrecer a los estudiantes una herramienta integral que refuerce sus conocimientos en todos los temas pertinentes a cada una de las asignaturas mencionadas, proporcionando así un recurso completo y valioso para su aprendizaje.

Para optimizar la creación de objetos en 3D, se sugiere iniciar el proceso con planos detallados o hojas de datos que incluyan bocetos en 2D de las distintas perspectivas (superior, lateral y frontal) del objeto a modelar. Este enfoque facilita considerablemente el modelado 3D a través de softwares CAD, resultando en la obtención de piezas tridimensionales que presentan un alto nivel de similitud con el objeto real.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. R. Méndez Pérez, N. C. Rodríguez, y E. Tejeda-Zacarías, “LA HUMEDAD EN LA ATMÓSFERA Bases físicas, instrumentos y aplicaciones”, pp. 33–42, dic. 2018, Consultado: el 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: www.ucol.mx/publicacionesenlinea/.
- [2] “Humidity”. Consultado: el 6 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://education.nationalgeographic.org/resource/humidity/>
- [3] L. Martines, “DEFINICIONES DE HUMEDAD Y SU EQUIVALENCIA”.
- [4] “Humedad Del Suelo: Métodos E Instrumentos De Medición”. Consultado: el 6 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>
- [5] E. Martin, “Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo?”, Consultado: el 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10150/625275>
- [6] J. Rosero, “Análisis, diseño, desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo para el cuidado integral de plantas domésticas.”, pp. 14–24.
- [7] “Image Creator from Microsoft Designer”. Consultado: el 6 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bing.com/images/create/varias-plantas-interconectadas-con-mangeras-con-bo/1-65b7d36da23f4027b49a6fa0e6e3160a?id=gT1mrJuvi%2fWp1L5f42i9bA%3d%3d&view=detailv2&idpp=genimg&thId=OIG.R044XEI7w8JkdWdGEHq4&darkschemeovr=0&FORM=GCRIDP&ajaxhist=0&ajaxserp=0>
- [8] Condair, “Know-How | H,x-Diagram”. Consultado: el 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.condair.de/en/know-how/hx-diagram>
- [9] INFWIN, “MS10-Soil Moisture and Temperature Sensor, RS485, Modbus”. Consultado: el 25 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.infwin.com/ms10-soil-moisture-and-temperature-sensor-rs485-modbus/>
- [10] INFWIN, “MT05V-Soil Moisture Sensor, Voltage Output”. Consultado: el 25 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.infwin.com/mt05v-soil-moisture-sensor-voltage-output/>
- [11] CONDAIR, “Steam Exchange Humidifiers Humidification and Evaporative Cooling”, pp. 2–4.
- [12] Condair, “HP Series - High Pressure Humidifier”, pp. 2–4.
- [13] “Qué es la histéresis y por qué es importante en la producción y conservación del papel - H2otek”. Consultado: el 6 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://h2otek.com/tienda/que-es-la-histeresis-y-por-que-es-importante-en-la-produccion-y-conservacion-del-papel/>
- [14] “Controladores de procesos industriales.” Consultado: el 6 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/instrumentacion_industrial4.php
- [15] “What is Arduino? | Arduino”. Consultado: el 26 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [16] Blender, “The Freedom to Create”. Consultado: el 26 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.blender.org/about/>

- [17] Autodesk, "Autodesk AutoCAD: con la confianza de millones de personas y diseñado para agilizar tu creatividad". Consultado: el 26 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: latinoamerica.autodesk.com
- [18] "CADA VIAJE CREATIVO COMIENZA CON UNITY HUB". Consultado: el 26 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://unity.com/es/unity-hub>
- [19] "Humedad atmosférica". Consultado: el 3 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos105/humedad-atmosferica/humedad-atmosferica>

5 ANEXOS

ANEXO I. Escenas implementadas en la practica 23

ANEXO II. Escenas implementadas en la practica 24

ANEXO III. Documento para la evaluación de la herramienta virtual

ANEXO I. Escenas implementadas en la practica 23

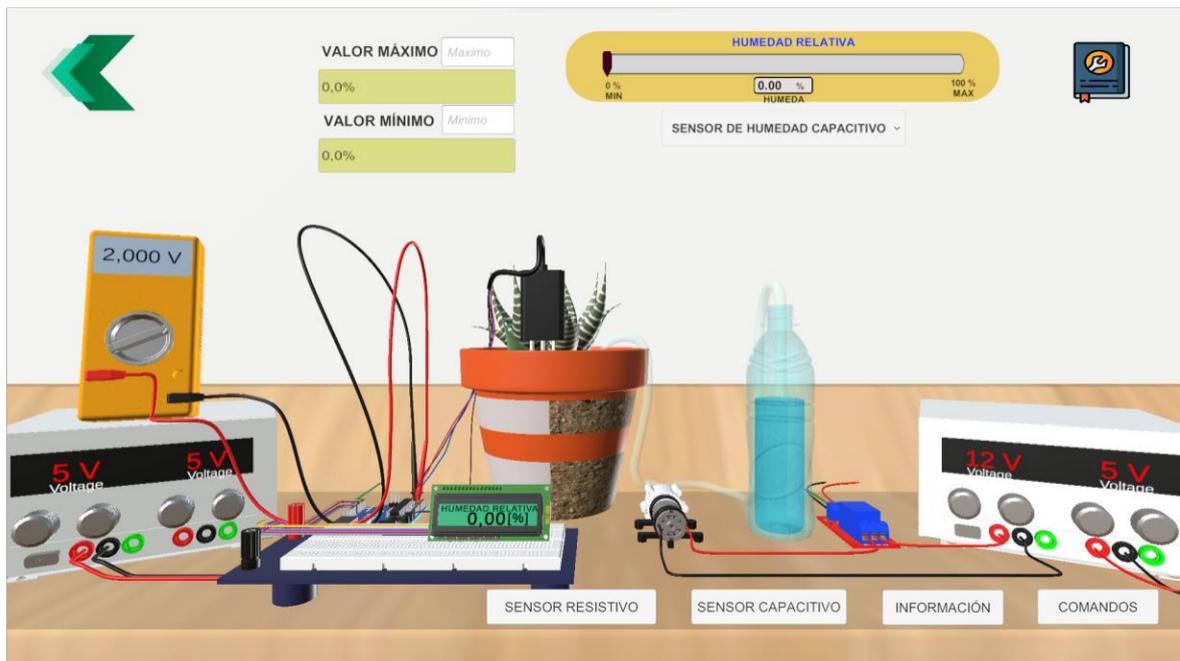


Figura 55 Escena principal de la práctica 23

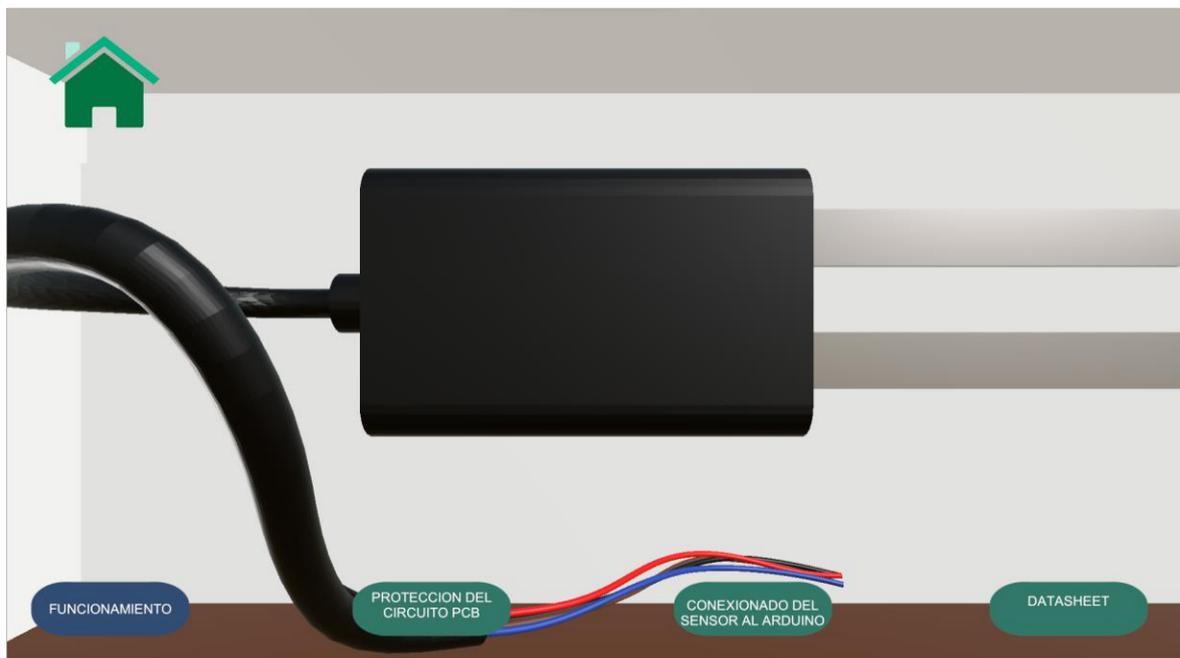


Figura 56 Escena implementada en el botón "Sensor Resistivo"



Figura 57 Escena implementada en el botón “Funcionamiento” de la Figura 56

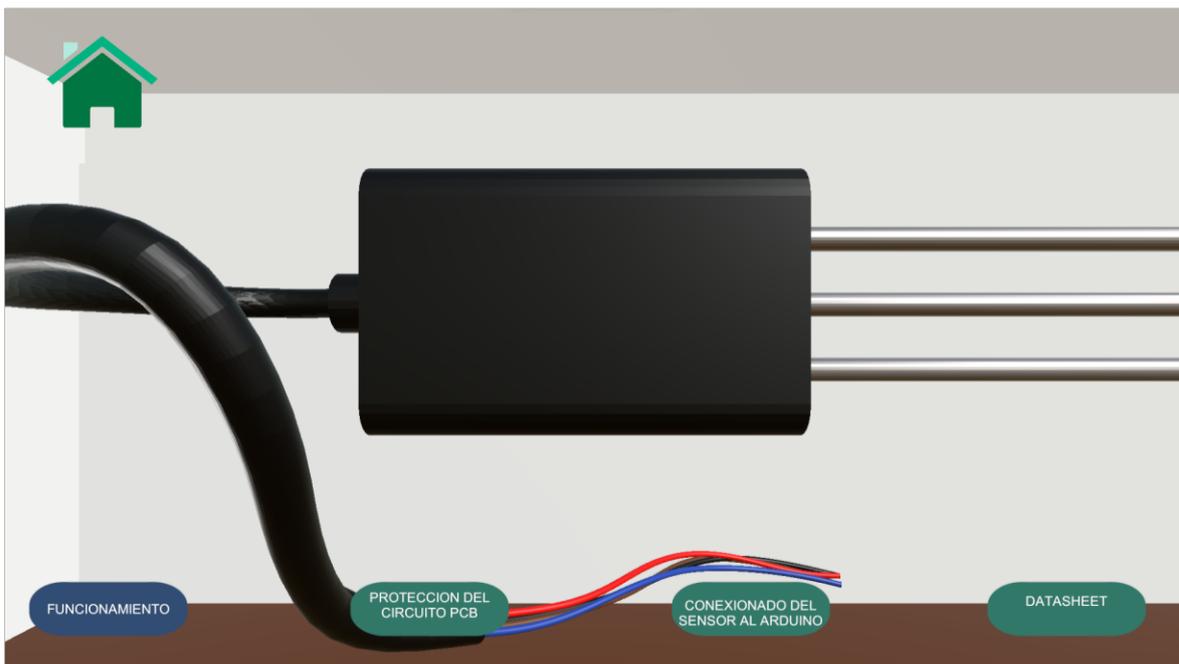


Figura 58 Escena implementada en el botón “Sensor Capacitivo”



Figura 59 Escena implementada en el botón “Funcionamiento” de la Figura 58



Figura 60 Escena 1 implementada en el botón “Información”

2. DEFINICIÓN: SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA.

– LOS SENSORES DE HUMEDAD SON DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS QUE SE UTILIZAN PARA MEDIR LA CANTIDAD DE HUMEDAD PRESENTE EN EL AIRE O EN UN MATERIAL. ESTOS SENSORES SON MUY ÚTILES EN UNA AMPLIA GAMA DE APLICACIONES, DESDE LA AGRICULTURA Y LA HORTICULTURA HASTA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA Y FARMACÉUTICA.

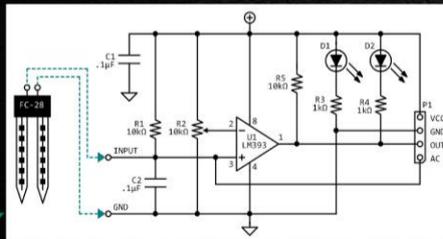
– LA HUMEDAD PUEDE SER MEDIDA DE DIVERSAS MANERAS, Y LOS SENSORES DE HUMEDAD PUEDEN UTILIZAR DIFERENTES TÉCNICAS PARA MEDIR LA CANTIDAD DE HUMEDAD PRESENTE EN EL AIRE O EN UN MATERIAL. ALGUNOS DE LOS MÉTODOS MÁS COMUNES INCLUYEN LA MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA, LA CAPACITANCIA, LA RESONANCIA, LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD Y LA REFLEXIÓN DE LA LUZ.



Figura 61 Escena 2 implementada en el botón “Información”

3. CIRCUITO INTERNO DEL SENSOR DE HUMEDAD RELATIVO RESISTIVO

– EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO SE BASA EN LA ADSORCIÓN Y DESORCIÓN DE AGUA EN EL MATERIAL SENSIBLE ALREDEDOR DEL ELEMENTO RESISTIVO. CUANDO LA HUMEDAD AMBIENTAL AUMENTA, EL MATERIAL ABSORBE AGUA Y SU RESISTENCIA DISMINUYE. CUANDO LA HUMEDAD DISMINUYE, EL MATERIAL LIBERA AGUA Y SU RESISTENCIA AUMENTA.



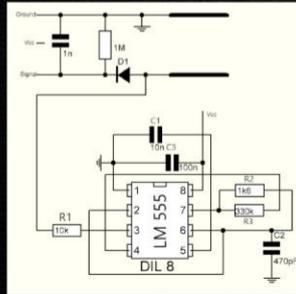
– COMO PODEMOS OBSERVAR, EL CORAZÓN DE LA PLACA ACONDICIONADORA ES EL CIRCUITO COMPARADOR LM393, EL CUAL ACTIVA UNA SALIDA (OUT) DE TIPO ON/OFF DE ACUERDO A LA COMPARACIÓN ENTRE EL NIVEL DE TENSIÓN QUE ENTREGA EL SENSOR Y EL AJUSTADO MEDIANTE EL PRESET R2. ADEMAS POSEE DOS LEDS PARA INDICAR SI LA PLACA ESTÁ ENERGIZADA (D1) Y SI LA SALIDA ESTÁ ACTIVA (D2). LA LÍNEA AC NOS PERMITE MEDIR EL NIVEL DE TENSIÓN QUE ENTREGA EL SENSOR SIN PASAR POR EL COMPARADOR.



Figura 62 Escena 3 implementada en el botón “Información”

4. CIRCUITO INTERNO DEL SENSOR DE HUMEDAD RELATIVO CAPACITIVO

... ESTE TIPO DE SENSORES CAPACITIVOS DISPONEN DE UN TIMER 555, QUE SE EMPLEA PARA GENERAR UNA ONDA CUADRADA. AL APLICAR ESTA ONDA AL SENSOR, EN CONTACTO CON LA TIERRA, EL EFECTO DE LA CAPACITANCIA REGISTRADA MODIFICA LA ONDA APLICADA.

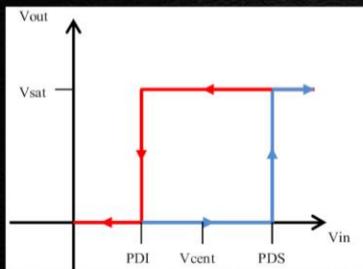


ESTA DIFERENCIA EN LAS ONDAS ES COMPARADA POR EL SENSOR, DANDO LUGAR A UNA PEQUEÑA TENSION DIFERENCIAL QUE PUEDE SER MEDIDAS POR UN MICROPROCESADOR COMO ARDUINO. CUANTO MAYOR ES LA HUMEDAD DEL SUELO, MAYOR ES LA CAPACIDAD REGISTRADA POR EL SENSOR. POR TANTO, MENOR EL VOLTAJE PROPORCIONADO POR EL SENSOR.

Figura 63 Escena 4 implementada en el botón “Información”

5. VENTANA DE HISTÉRESIS

... UNA VENTANA DE HISTÉRESIS, TAMBIÉN CONOCIDA COMO BANDA DE HISTÉRESIS O BANDA MUERTA, ES UN RANGO DE VALORES QUE SE UTILIZA EN LOS SISTEMAS DE CONTROL PARA EVITAR CAMBIOS RÁPIDOS ENTRE ESTADOS.



... EN UN SISTEMA DE CONTROL DE VENTANA DE HISTÉRESIS, HAY DOS VALORES O UMBRALES, DENOMINADOS PUNTOS DE AJUSTE SUPERIOR E INFERIOR, QUE DEFINEN EL RANGO DE VALORES ACEPTABLES. SI EL VALOR DEL SISTEMA ESTÁ DENTRO DE ESTE RANGO, NO SE REALIZA NINGUNA ACCIÓN. SIN EMBARGO, SI EL VALOR DEL SISTEMA EXCEDE EL PUNTO DE REFERENCIA SUPERIOR (PDS) O INFERIOR (PDI), EL SISTEMA DE CONTROL RESPONDE CAMBIANDO A UN NUEVO ESTADO. UNA VEZ QUE EL VALOR DEL SISTEMA VUELVE A ESTAR DENTRO DE LA VENTANA DE HISTÉRESIS, EL SISTEMA DE CONTROL VUELVE AL ESTADO ORIGINAL.

Figura 64 Escena 5 implementada en el botón “Información”

6. EJERCICIO

SE TIENE UN SISTEMA DE RIEGO QUE ES ALIMENTADO POR UNA BOMBA DC, EL SISTEMA FUNCIONA CON UN SISTEMA CON HISTÉRESIS POR LO CUAL, CUANDO LA HUMEDAD ES MAYOR QUE EL VALOR MÁXIMO INGRESADO LA BOMBA DEJARA DE ALIMENTAR Y SI LA HUMEDAD ES MENOR DEL VALOR MÍNIMO INGRESADO LA BOMBA EMPEZARA A ALIMENTAR CON AGUA A LA PLANTA. LA HUMEDAD SERÁ MEDIDA MEDIANTE UN SENSOR DE HUMEDAD TIPO CAPACITIVO (MS10) O UN TIPO RESISTIVO (MT05V), ESCOGER CUALQUIERA DE LOS SENSORES PARA REALIZAR LA PRÁCTICA.

SIMULAR EL SISTEMA Y OBSERVE LA VARIACIÓN DE VOLTAJE DE LA SALIDA DEL SENSOR Y COMPARE CON EL ACONDICIONAMIENTO REALIZADO EN EL ARDUINO CON EL REALIZADO POR USTEDES PARA LO CUAL COMPLETE LA SIGUIENTE TABLA:

CONDICIONES DE ACONDICIONAMIENTO:

- SALIDA DE 0V A 100% HUMEDAD
- RANGO DE TRABAJO DE 2 A 0 VOLTIOS

PRESENTAR UNA TABLA CON LOS VALORES DE HUMEDAD, VOLTAJE MEDIDO POR EL SENSOR Y ESTADO DE LA BOMBA OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN, MÍNIMO 10 CAMBIOS DE HUMEDAD (VOLTAJE ACONDICIONADO) TANTO DE SUBIDA COMO DE BAJADA.

Figura 65 Escena 6 implementada en el botón “Información”

5. EJERCICIO

COMPLETAR LA SIGUIENTE TABLA PARA EL SENSOR DE HUMEDAD TIPO CAPACITIVO O TIPO RESISTIVO

Nº	HUMEDAD [%]	VOLTAJE [V]	ESTADO BOMBA [ON/OFF]

Figura 66 Escena 7 implementada en el botón “Información”

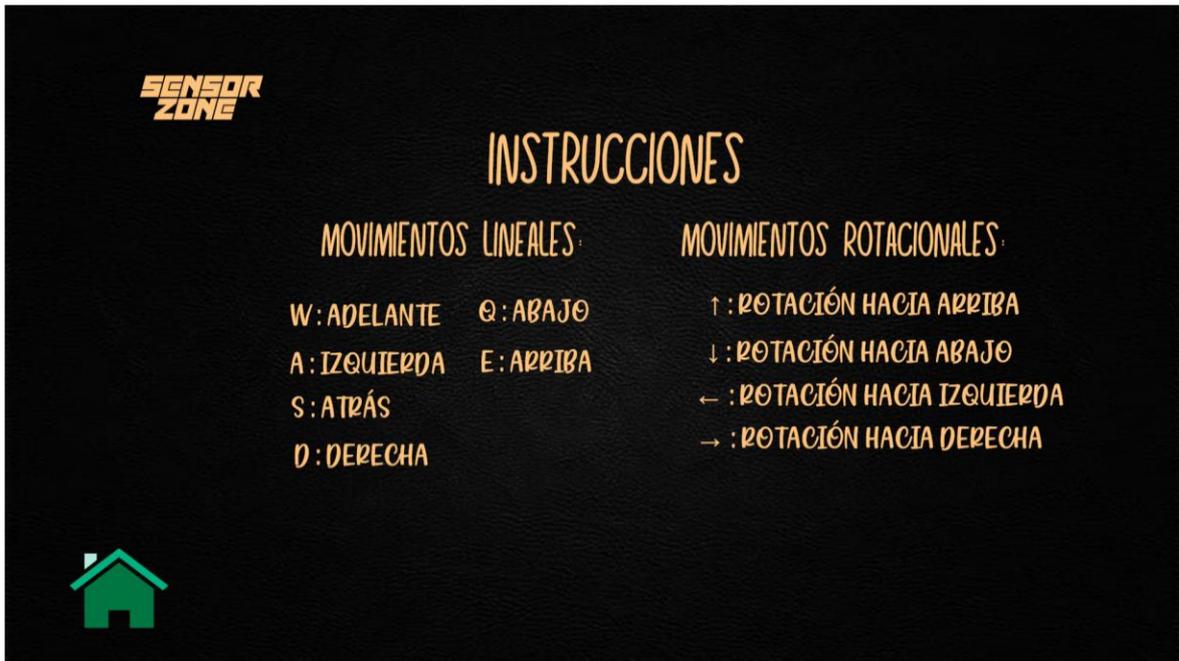


Figura 67 Escena implementada en el botón “Comandos”

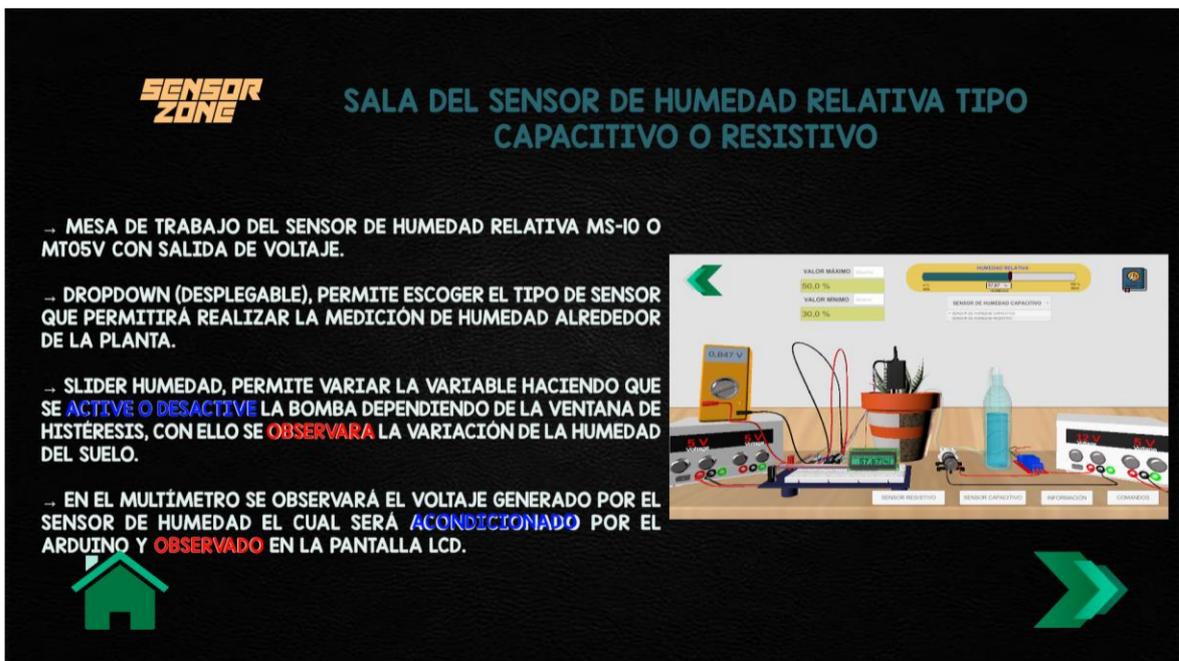


Figura 68 Escena 1 implementada en el botón “Instructivo”

A TRAVÉS DEL TECLADO NUMÉRICO:

→ INGRESE EL **PORCENTAJE MÁXIMO DE HUMEDAD** DE LA TIERRA (PDS) Y PRESIONE ENTER PARA GUARDAR EL VALOR.

→ INGRESE EL **PORCENTAJE MÍNIMO DE HUMEDAD** DE LA TIERRA (PDI) Y PRESIONE ENTER PARA GUARDAR EL VALOR.

→ EL **PORCENTAJE MÁXIMO DE HUMEDAD ES EL 70%**, SI SE SUPERAR ESTE VALOR PROVOCARÍA LA PROPAGACIÓN DE HONGOS EN LAS RAÍCES DE LA PLANTA Y POR CONSECUENCIA DE ELLO LA MUERTE DE ESTA.

→ EL **PORCENTAJE MÍNIMO DE HUMEDAD ES EL 15%**, SI ES MENOR AL MÍNIMO EN LA PLANTA SE OBSERVARÁ EL AMARILLEAMIENTO Y LA AUSENCIA DE NUEVOS BROTES Y DE IGUAL FORMA LA MUERTE DE ESTA.

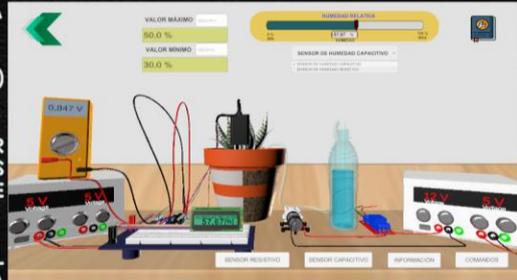


Figura 69 Escena 2 implementada en el botón “Instructivo”

→ ES UN VISUALIZADOR DE LOS ELEMENTOS INTERNOS QUE POSEE EL SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA MS-10 O MT05V.

→ EL **FUNCIONAMIENTO** PERMITE OBSERVAR EL CIRCUITO CON EL CUAL ESTÁ COMPUESTO EL SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA MS-10.

→ BOTÓN **MATERIAL CONDUCTOR**, PERMITE VISUALIZAR/OCULTAR LOS PINES QUE AYUDAN A MEDIR LA HUMEDAD DEL SUELO.

→ BOTÓN **PROTECCIÓN DEL CIRCUITO PCB**, VISUALIZA/OCULTA LA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO.

→ BOTÓN **CONECTOR ELÉCTRICO**, VISUALIZA/OCULTA LOS CABLES DE ALIMENTACIÓN Y DE MEDICIÓN DEL SENSOR DE HUMEDAD.

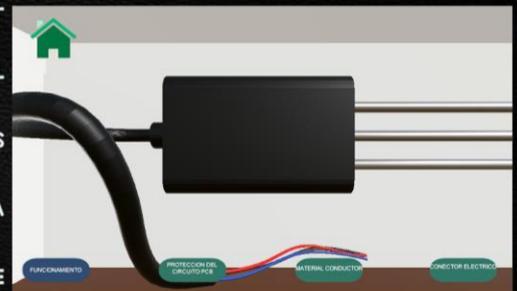


Figura 70 Escena 3 implementada en el botón “Instructivo”

ANEXO II. Escenas implementadas en la practica 24

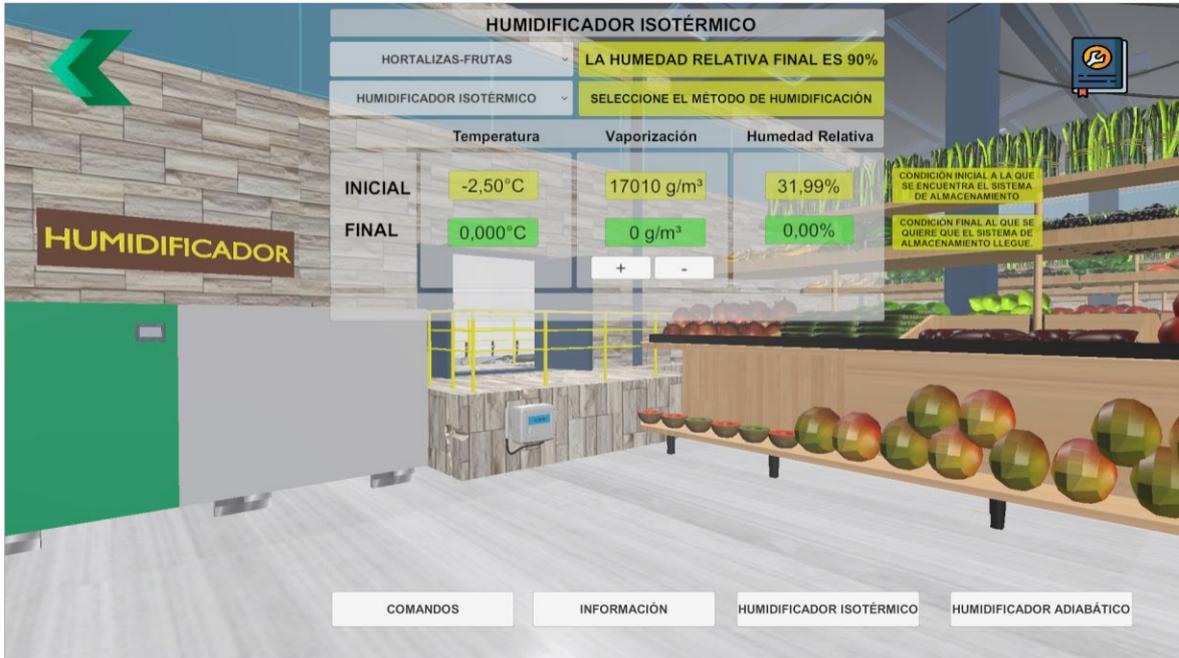


Figura 71 Escena principal de la práctica 24



Figura 72 Escena implementada en el botón “Humidificador Isotérmico”



Figura 73 Escena implementada en el botón “Funcionamiento” de la Figura 72

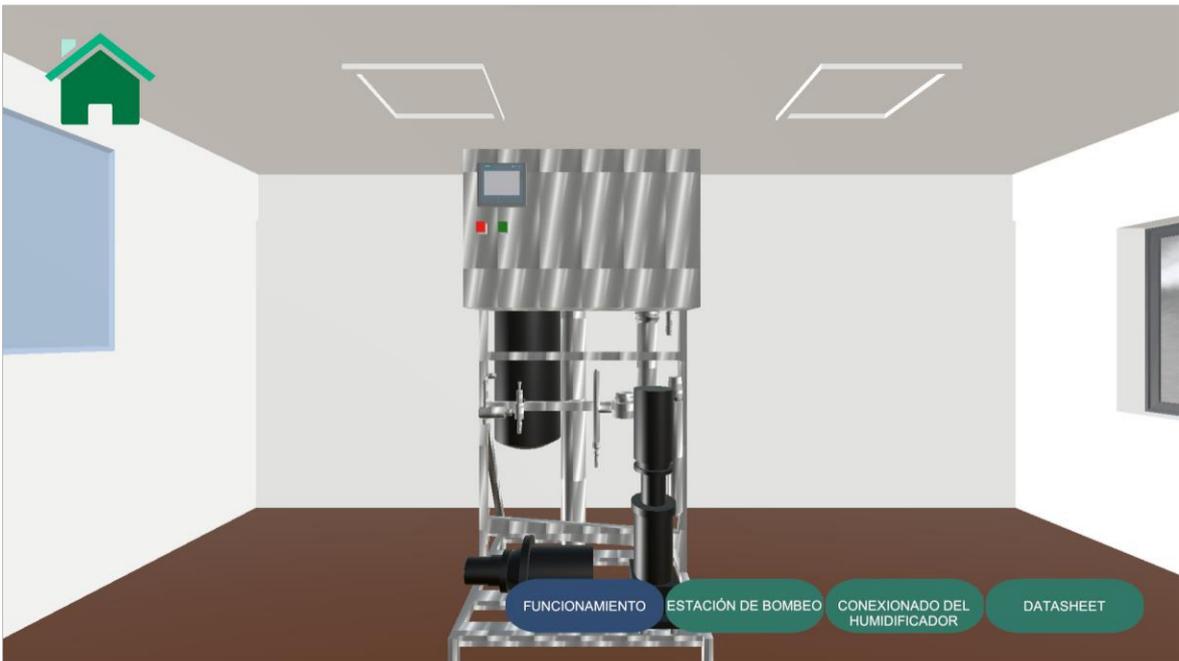


Figura 74 Escena implementada en el botón “Humidificador Adiabático”



Figura 75 Escena implementada en el botón “Funcionamiento” de la Figura 74

SENSOR ZONE HUMIDIFICADORES ISOTÉRMICOS Y ADIABÁTICOS

I. OBJETIVOS

- COMPRENDER EL EFECTO DE UTILIZAR HUMIFICADOR POR EVAPORACIÓN O VAPORIZACIÓN.
- OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA CON HUMIDIFICACIÓN ADIABÁTICA (EVAPORACIÓN) O ISOTÉRMICA (VAPORIZACIÓN).



Figura 76 Escena 1 implementada en el botón “Información”

2. HUMIFICADOR ISOTERMICO

... UN HUMIDIFICADOR ISOTÉRMICO FUNCIONA AÑADIENDO HUMEDAD AL AIRE SIN MODIFICAR SU TEMPERATURA. ESTO LO LOGRA UTILIZANDO TECNOLOGÍAS COMO LA ULTRASONOGRAFÍA O LA EVAPORACIÓN PARA CONVERTIR EL AGUA EN VAPOR Y DISPERSARLO EN EL AMBIENTE.



... LOS SISTEMAS ISOTÉRMICOS SE USAN AMPLIAMENTE EN INSTALACIONES COMERCIALES Y RESIDENCIAS. DESTACAN DOS COMPONENTES EN ELLOS: LA UNIDAD GENERADORA DE VAPOR Y EL DISPOSITIVO QUE DISTRIBUYE EL VAPOR EN LA CORRIENTE DE AIRE. ALGUNOS EJEMPLOS SON LOS HUMIDIFICADORES ELÉCTRICOS QUE USAN RESISTENCIAS, DE ELECTRODOS SUMERGIDOS, DE GAS O CALDERAS CENTRICAS PRODUCTORAS DE VAPOR.

Figura 77 Escena 2 implementada en el botón "Información"

3. HUMIFICADOR ADIABATICO

... LOS HUMIDIFICADORES ADIABÁTICOS, TAMBIÉN CONOCIDOS COMO ENFRIADORES EVAPORATIVOS, EVAPORAN EL AGUA SIRVIÉNDOSE DEL PROPIO CALOR DEL AIRE, SIN APORTACIÓN DE ENERGÍA EXTERNA. EL PROCESO DE EVAPORACIÓN DEL AGUA SUSTRAE LA ENERGÍA DEL AIRE, CEDIENDO CALOR SENSIBLE Y REBAJANDO LA TEMPERATURA DEL AIRE TRATADO.



... LA HUMIDIFICACIÓN DE MANERA ADIABÁTICA CONSISTE EN QUE A MEDIDA QUE LA HUMEDAD RELATIVA AUMENTA, LA TEMPERATURA DISMINUYE.

... SUMINISTRA UN CAUDAL DE AGUA EN FORMA DE NEBULIZACIÓN, EVAPORÁNDOLA POR MEDIO DE LA ENERGÍA DEL CALOR DEL AIRE Y DANDO COMO RESULTADO UNA DISMINUCIÓN EN LA TEMPERATURA.

Figura 78 Escena 3 implementada en el botón "Información"

APLICACIÓN DE LOS HUMIDIFICADORES ISOTÉRMICOS Y ADIABÁTICOS

4. EJERCICIO

SE TIENE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DONDE SE NECESITA MONITOREAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE TABLA:

PRODUCTO	HUMIDIFICADOR ISOTÉRMICO O ADIABÁTICO
HORTALIZAS Y FRUTAS	HUMEDAD RELATIVA (FINAL) 90 %
CARNES O MARISCOS	70 %
PRODUCTOS LACTEOS	95 %

SIMULAR EL SISTEMA Y OBSERVE EL EFECTO QUE CAUSA LA UTILIZACIÓN DE UN HUMIDIFICADOR ISOTÉRMICO DE UN HUMIDIFICADOR ADIABÁTICO A PARTIR DE LOS DATOS INICIALES, PARA ELLO REALIZAR LO SIGUIENTE:



Figura 79 Escena 4 implementada en el botón “Información”

APLICACIÓN DE LOS HUMIDIFICADORES ISOTÉRMICOS Y ADIABÁTICOS

4. EJERCICIO

A) LLENAR LA TABLA PROPORCIONADA MEDIANTE EL USO DE UN HUMIDIFICADOR ISOTÉRMICO, MODIFICANDO ÚNICAMENTE LA CANTIDAD DE VAPORIZACIÓN PRODUCIDA POR EL MISMO PARA CADA ESCENARIO INDICADO EN LA TABLA. ASIMISMO, ANALIZAR Y COMENTAR LAS ALTERACIONES EN LA TEMPERATURA Y LA CANTIDAD DE VAPORIZACIÓN GENERADA POR EL HUMIDIFICADOR EN CADA UNO DE LOS CASOS.

PRODUCTO	INICIAL			FINAL		
	TEMPERATURA	VAPORIZACIÓN	HUMEDAD RELATIVA	TEMPERATURA	VAPORIZACIÓN	HUMEDAD RELATIVA
HORTALIZAS Y FRUTAS	-2.5 °C	17010 g/m ³				90 %
CARNES O MARISCOS	-1.5 °C	17010 g/m ³				70 %
PRODUCTOS LACTEOS	-0.5 °C	17010 g/m ³				95 %



Figura 80 Escena 5 implementada en el botón “Información”

SENSOR ZONE APLICACIÓN DE LOS HUMIDIFICADORES ISOTÉRMICOS Y ADIABÁTICOS

4. EJERCICIO

B) LLENAR LA SIGUIENTE TABLA AL UTILIZAR UN HUMIDIFICADOR ADIABÁTICO, MODIFICANDO ÚNICAMENTE LA TEMPERATURA DEL ÁREA DE ALMACENAMIENTO. REALIZAR ESTE PROCESO PARA CADA UNO DE LOS ESCENARIOS ENUMERADOS EN LA TABLA. ASIMISMO, ANALIZAR Y COMENTAR LAS ALTERACIONES EN LA TEMPERATURA Y LA CANTIDAD DE EVAPORIZACIÓN GENERADA POR EL HUMIDIFICADOR EN CADA UNO DE LOS CASOS.

PRODUCTO	INICIAL			FINAL		
	TEMPERATURA	EVAPORIZACIÓN	HUMEDAD RELATIVA	TEMPERATURA	EVAPORIZACIÓN	HUMEDAD RELATIVA
HORTALIZAS Y FRUTAS	10 °C	92.860 L/hr				90 %
CARNES O MARISCOS	10 °C	185.72 L/hr				70 %
PRODUCTOS LACTEOS	10 °C	278.57 L/hr				95 %

Figura 81 Escena 6 implementada en el botón “Información”

SENSOR ZONE APLICACIÓN DE LOS HUMIDIFICADORES ISOTÉRMICOS Y ADIABÁTICOS

4. EJERCICIO

C) ANALIZAR Y COMENTAR LA RAZÓN POR LA CUAL, EN UN PROCESO ISOTÉRMICO, LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA ES RELATIVAMENTE PEQUEÑA, MIENTRAS QUE EN UN PROCESO ADIABÁTICO, DICHA VARIACIÓN ES SIGNIFICATIVAMENTE MAYOR.

Figura 82 Escena 7 implementada en el botón “Información”

INSTRUCCIONES

MOVIMIENTOS LINEALES:

W: ADELANTE Q: ABAJO
 A: IZQUIERDA E: ARRIBA
 S: ATRÁS
 D: DERECHA

MOVIMIENTOS ROTACIONALES:

↑: ROTACIÓN HACIA ARRIBA
 ↓: ROTACIÓN HACIA ABAJO
 ←: ROTACIÓN HACIA IZQUIERDA
 →: ROTACIÓN HACIA DERECHA



Figura 83 Escena implementada en el botón "Comandos"

SALA DEL SISTEMA MONITOREO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE PRODUCTOS ALMACENADOS

→ VENTANA DE TRABAJO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE HUMEDAD MEDIANTE LOS HUMIDIFICADORES HP SERIES Y SETC SERIES DE CONDAIR

→ EL BOTON "o" O "v", PERMITE **VARIAR** LA CANTIDAD DE GENERACIÓN DE VAPORACIÓN PARA EL CASO ISOTÉRMICO O GENERACIÓN DE EVAPORIZACIÓN EN EL CASO ADIABÁTICO, SE PODRÁ **OBSERVAR** LA VARIACIÓN DE VAPOR O ASPERCIÓN DE AGUA, RESPECTIVAMENTE.

→ EN LA TABLA SE **MUESTRA** EL ESTADO INICIAL Y FINAL DEL SISTEMA DONDE SE **OBSERVARA** LA VARIACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA EN EL AMBIENTE.

HUMIDIFICADOR ISOTERMICO			
LA HUMEDAD RELATIVA FINAL ES 80%			
Administración, configuración, información y análisis de humedad relativa			
	Temperatura	Evaporización	Humedad Relativa
INICIAL	-2.50 °C	17010 g/m ³	31.99%
FINAL	0.0000 °C	0 g/m ³	0.00%



Figura 84 Escena 1 implementada en el botón "Instructivo"

SENSOR ZONE **RESTRICCIONES DE LA HUMEDAD RELATIVA**

CONSIDERAR:

- EL PORCENTAJE HUMEDAD ES **MAYOR QUE EL ESPECIFICADO** EN CADA UNO DE LOS CASOS PROVOCARÍA QUE LOS ALIMENTOS NO SE CONSERVEN UN MAYOR TIEMPO.
- SI LA TEMPERATURA ES **MAYOR QUE EL ESPECIFICADO** EN CADA UNO DE LOS CASOS PROVOCARÍA QUE LOS ALIMENTOS NO SE CONSERVEN UN MAYOR TIEMPO.

Figura 85 Escena 2 implementada en el botón “Instructivo”

SENSOR ZONE **HUMIDIFICADOR ISOTÉRMICO O ADIABÁTICO**

- ES UN VISUALIZADOR DE LOS ELEMENTOS INTERNOS QUE POSEE EL HUMIDIFICADOR.
- EL **FUNCIONAMIENTO** PERMITE OBSERVAR EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL HUMIDIFICADOR.
- BOTÓN **ELEMENTOS INTERNOS**, PERMITE VISUALIZAR/OCULTAR LOS ELEMENTOS QUE CUENTA INTERNAMENTE LOS HUMIDIFICADORES.
- BOTÓN **CONEXIÓN DEL HUMIDIFICADOR**, PERMITE VISUALIZAR LOS NOMBRES DE TODOS LOS ELEMENTOS DEL HUMIDIFICADOR.
- BOTÓN **DATASHEET**, PERMITE VISUALIZAR LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL HUMIDIFICADOR.

Figura 86 Escena 3 implementada en el botón “Instructivo”