



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

**Diseño de un sistema deshumidificador utilizando la plataforma  
Arduino para extraer el vapor de agua en tanques estacionarios  
de combustible diesel 2022.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Eléctricista

**AUTORES:**

Cubas Becerra, Santiago Alexander (orcid.org/0000-0001-5620-2777)

Vilela Bullon, Marvin Junior (orcid.org/0000-0003-3525-2235)

**ASESOR:**

Mag. Celada Padilla, James Skinner (orcid.org/0000-0002-5901-2669)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al  
cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

## **Agradecimiento**

Mi agradecimiento esta dedicado a Dios,  
a mis padres, a mis docentes y  
participantes de la investigacion.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	15
3.2. Variables, operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra y muestreo.....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos” .....	16
3.5. Procedimientos .....	19
3.6. Método de análisis de datos.....	20
3.7. Aspectos éticos .....	20
IV. RESULTADOS .....	21
V. DISCUSIÓN.....	69
VI. CONCLUSIONES.....	72
VII. RECOMENDACIONES .....	73
REFERENCIAS.....	74
ANEXOS .....	78

## Índice de tablas

Tabla 1 Técnica e instrumentos de recolección de información .....	17
Tabla 2 Capacidades y número de compartimientos cisternas combustible .....	31
Tabla 3 Dimensiones de diámetro y longitud de compartimientos tanques de combustibles.....	32
Tabla 4 Volumen de los volátiles de gasolina.....	33
Tabla 5 Densidad del vapor de agua en el aire atmosférico .....	34
Tabla 6 Valores mínimos y máximos de temperatura en la zona norte del Perú..	37
Tabla 7 Masa de vapor extraído tanque cisterna gasolina 9000 Gln.....	39
Tabla 8 Contenido de agua en gr/m <sup>3</sup> en el aire a diferentes temperaturas .....	83
Tabla 9 Especificaciones técnicas de Arduino Uno.....	55
Tabla 10 Especificaciones técnicas del DHT11 .....	58
Tabla 11 Descripción de los pines del LCD.....	61
Tabla 12 Costo de producción.....	63
Tabla 13 Cuadro de ingresos .....	65
Tabla 14 Cuadro de egresos .....	65
Tabla 15 VAN.....	66
Tabla 16 Flujos.....	67
Tabla 17 Tasa Interna de Retorno.....	67

## Índice de figuras

Figura 1 Puertos electrónicos básicos en la placa Arduino .....	6
Figura 2 Modos de condensación (a) Película de agua (b) Gotas.....	7
Figura 3 Diagrama temperatura punto de rocío.....	9
Figura 4 Puertos electrónicos básicos en la placa Arduino .....	10
Figura 5 Filtro con obstrucción microbiana / Muestra de biopelícula en diésel ....	14
Figura 6 Flujograma del desarrollo de la investigación .....	19
Figura 7 Retención de agua de una mezcla de biodiesel.....	24
Figura 8 Condensación de vapor de agua en el tanque.....	25
Figura 9 Presencia microbiana en el filtro de combustible. ....	26
Figura 10 Efecto de la humedad en el interior del tanque .....	26
Figura 11 Corrosión en tubería de bomba de combustible.....	30
Figura 12 Tendencia de la densidad del vapor de aire en función de la temperatura del aire .....	35
Figura 13 Relación numérica entre densidad de vapor de agua y temperatura del aire atmosférico .....	36
Figura 14 Temperatura mínima y máxima en estación de verano.....	37
Figura 15 Temperatura mínima y máxima en estación de verano.....	38
Figura 16 Circuito de tuberías .....	41
Figura 17 Desumidificador .....	43
Figura 18 Calculadora eléctrica.....	45
Figura 19 Inicio de la aplicación Arduino.....	45
Figura 20 Conexión del sensor con el Arduino.....	46
Figura 21 Diagrama de conexión del DHT11 a la tarjeta Arduino .....	47
Figura 22 Esquema de conexión del LCD .....	49
Figura 23 Diagrama de conexión del LCD .....	50
Figura 24 Diseño de aplicativo .....	52
Figura 25 Propuesta de diseño .....	53
Figura 26 Arduino Uno .....	54
Figura 27 Construcción del Peltier .....	55
Figura 28 Efecto Seebeck y Efecto Peltier .....	56
Figura 29 Identificación del elemento Peltier.....	56
Figura 30 Disipador de calor .....	57

Figura 31 Transferencia de calor en un disipador .....	57
Figura 32 Sensor DHT11.....	58
Figura 33 Diagrama de conexión del Sensor DHT11 .....	59
Figura 34 LCD .....	59
Figura 35 Diagrama del LCD.....	60
Figura 36 Disposición de los pines.....	60
Figura 37 Conductor libre de alógeno N2XOH .....	62

## **Resumen**

Este estudio tuvo como objetivo general diseñar un sistema deshumidificador utilizando la plataforma Arduino para extraer el vapor de agua en tanques estacionarios de combustible. Fue un tipo de estudio aplicativo de diseño pre experimental. Dentro de los efectos que ocasionan la humedad en el tanque de combustible estacionarios están la contaminación por agua, por condensación, por crecimiento microbiano y corrosión, los daños que ocasiona un combustible contaminado en un motor de combustión interna, donde observamos que la corrosión se concentra en la parte superior del tanque. Se determinó los parámetros de diseño donde pudimos determinar que la temperatura del bulbo seco, determinar la temperatura ambiente, así mismo con la humedad relativa puede estar en 40 a 60 % para evitar la formación de generación de burbuja de agua. Se logró seleccionar los componentes basados en Arduino donde se logró realizar un prototipo del deshumidificador con su circuito y su programación. Finalmente se presentó una propuesta a la empresa donde se logró analizar económicamente donde se obtuvo una tasa de retorno de 24%.

**Palabras clave:** Humedad, deshumidificador, plataforma Arduino

## **Abstract**

This study had the general objective of designing a dehumidifying system using the Arduino platform to extract water vapor in stationary fuel tanks. It was a type of application study of pre-experimental design. Among the effects caused by humidity in the stationary fuel tank are contamination by water, by condensation, by microbial growth and corrosion, the damage caused by contaminated fuel in an internal combustion engine, where we observe that corrosion is concentrated at the top of the tank. The design parameters were determined where we could determine that the temperature of the dry bulb, determine the ambient temperature, likewise with the relative humidity it can be at 40 to 60% to avoid the formation of water bubble generation. It was possible to select the components based on Arduino where it was possible to make a prototype of the dehumidifier with its circuit and its programming. Finally, a proposal was presented to the company where it was possible to analyze economically where a rate of return of 24% was obtained.

**Keywords:** Humidity, dehumidifier, Arduino platform

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se producen unos 78 millones de barriles de petróleo a nivel mundial y se procesan unos 72 millones de barriles de combustibles por día. Los combustibles fósiles son el 80% del total de la actual demanda de energía primaria de todo el mundo, por otro lado, la generación de energía, es la fuente de dos tercios de las emisiones globales de CO<sup>2</sup> aproximadamente (ONU, 2021).

La causa que influyen directamente en la calidad del petróleo es el agua, cabe resaltar que el agua es cada vez más inaceptable en los sistemas de inyección de la maquinaria que funciona a combustible, por lo que representa daños y averías a los sistemas. (Bassante y Díaz, 2019). Una de las principales causas que muchos desconocen es el proceso de condensación que se da en el interior del tanque de almacenamiento de combustible.

La deshumidificación es un proceso termodinámico poco conocido tanto así que los usuarios potenciales no están enterados sobre su utilización en la solución a problemas de calidad sanidad y corrupción en línea de producción (Torres, 2018). Las plantas industriales cuyos productos con características higroscópicas, tienen necesidad de mantener los límites de humedad absoluta es allí donde la existencia de un deshumidificador es esencial en el proceso para mantener una humedad equilibrada es necesario contar con un sistema bien dimensionado con las siguientes características cómo captación de humedad volumen de aire y confort en las áreas productivas (Metalinspec, 2019).

En nuestro país es común que los gaseosos centros cuentan con gas natural comprimido pero cabe resaltar no logrará cubrir la demanda nacional es por ello que los combustibles convencionales son indispensables para el transporte en el país por lo cual son almacenados en tanques para su despacho final. Donde los expedientes técnicos se elaboraron tomando en cuenta el D.S. N° 019-97-EM “Reglamento de establecimiento de gas licuado de petróleo para uso de automotor – gasocentro” (Osinergmin, 2020).

En una visita que realizamos a una reconocida empresa azucarera de la región, verificamos que cuentan con dos tanques donde almacenan combustible diésel para abastecer a las máquinas y equipos en general dentro de los cuales encontramos cargadores frontales, tractores agrícolas, bulldozer, camiones volvo, motores estacionarios, grúas, etc. Estos tanques se encuentran ubicados uno en el

área de servicentro y otro el en área de bagacera el primero con una capacidad de 5000 l y el segundo en la bagacera del doble de capacidad siendo este último que sufre mayores consecuencias con los efectos de corrosión y condensación de la burbuja de aire y los efectos del cambio climático.

El segundo tanque se ubica a unos 35 m del área de almacenamiento de bagazo, siendo un riesgo latente ante una fuga ya que el bagazo con la temperatura se enciende. En la actualidad se reemplaza el mismo porcentaje del tanque, pero cada 8 años por las fugas que presenta los tanques. Esto lleva a un elevado costo de reemplazo llegando a un aproximado de 35000 soles.

La propuesta de mejora de este estudio, nace de la necesidad de evacuar el agua condensada en los combustibles almacenados como se describe líneas arriba, así mismo el agua presente en el combustible a parte de generar corrosión en la parte interna del tanque, genera hábitat de bacterias, alojándose en la interfaz agua – diésel, estas ingresan durante el llenado, creando un ácido que merma la calidad del combustible, formándose una capa en el fondo del tanque, obstruyendo los filtros.

Presentada la realidad indicada anteriormente, se formuló el problema, con la siguiente pregunta: ¿Cuál es la influencia del diseño de un sistema deshumificador utilizando la plataforma arduino para extraer el vapor de agua en tanques estacionarios de combustible diesel?

Esta investigación se justifica técnicamente ya que se aplicarán los conocimientos adquiridos, donde se logrará el diseño de un módulo de control, a través del ensamble de una placa Arduino y demás componentes, mediante el uso de programas de diseño como CAD 3D Y SolidWorks, así como también su programación y simulación.

En cuanto a la justificación ambiental, gracias a este proyecto de mejora, se logrará evacuar el agua del interior del tanque, evitando la formación de bacterias que son nocivas para los operadores que trabajan en las estaciones de servicio, también se evitará la concentración de vapores, por otro lado, se evitará filtraciones de diésel al suelo evitando contaminación ambiental. Se justifica socialmente, porque mediante este sistema se evitará daños a los operadores por contaminación y es más seguro el manejo del diésel, tanto como su llenado y su despacho.

En cuanto a la justificación económica, gracias a este sistema de control, se evitará que el combustible pierda su calidad, generando mayores ingresos a la estación de servicios. Por otro lado, se evitaría multas por parte del organismo regulador Osinergmin.

Una vez cifradas las justificaciones de la investigación hemos planteado como objetivo general el siguiente: Diseñar un sistema deshumidificador con plataforma Arduino para extraer vapor de agua en tanques estacionarios diésel en la Costa Norte del Perú, así mismo, se desarrollaron los siguientes objetivos específicos: i) Evaluar el efecto progresivo de la humedad dentro de un tanque Diesel DB5 estacionario de una estación de servicio. ii) Determinar los parámetros que influyen en un sistema de deshumidificador en tanques de combustibles estacionarios. iii) Seleccionar los componentes eléctricos y electrónicos del sistema propuesto. iv) Realizar evaluación económica de la propuesta de diseño.

Presentados los objetivos de esta investigación, se planteó la hipótesis: Diseñando un sistema capaz de eliminar la humedad relativa presente en el tanque de combustible, se evitarán daños producidos o problemas por la condensación en el combustible

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Revisión de trabajos previos**

Existen varias investigaciones realizadas, que dan sustento a la presente investigación: A nivel internacional tenemos a (Hernández, 2018), quien realizó un modelamiento de un sistema de desalinización por método de humidificación - deshumidificador (HDH); esta investigación la realizó para el laboratorio de energía renovables de la Universidad Técnica Federico Santa María, desarrolló una investigación de tipo aplicada descriptiva, como principales objetivos logro diseñar un modelo de simulación para el correcto funcionamiento de la planta, donde genera una interfaz gráfica, lográndose interactuar con el modelo de forma precisa. En cuánto va el resultado de su modelo diseñado se determinó la influencia directa con los parámetros cómo el flujo másico de agua y de aire en el agua de alimentación asimismo se determinó que la producción de agua limpia aumenta ya que el aire que entra al equipo humidificador no es saturado logrando sé colectar un mayor contenido de agua.

Mejía (2018) realizó un diseño y simulación de un sistema deshumidificadores para tanques de almacenamiento de diésel. Desarrolló una investigación de tipo experimental descriptiva, como principales resultados diseño en SolidWorks un prototipo para simular el comportamiento al interior del tanque de almacenamiento. También determinó la facilidad del uso de una celda Peltier en la capacidad de transferencia de energía ideal para el desempeño del proceso de deshumidificación. Mediante el prototipo se observó que la humedad fue leída casi de manera inmediata por el sensor, y en función de la programación de la tarjeta, el sistema entró en funcionamiento, hasta alcanzar un valor de humedad bajo.

Lopez (2019) quien realizó un estudio de factibilidad para la implementación de un sistema recuperador de vapores COVs en las estaciones de servicio y terminales en la ciudad de Guayaquil, en su investigación desarrolló una metodología inductiva. Como principales resultados se determinó que el beneficio obtenido en la recuperación del combustible evaporador es en promedio de 1.5 litros por cada mil litros que despachan en las estaciones de servicio, obteniéndose del 95 al 99% de recuperación por litros. Por otro lado, es aceptable la rentabilidad del proyecto, considerando que la inversión se recupera menos de 3 meses y el costo de mantenimiento es estable en el tiempo de vida útil del equipo.

A nivel nacional tenemos a Valencia (2018), quien diseñó un sistema para el control automático de un tanque de almacenamiento de crudo de petróleo instalado en una refinería en la ciudad de Piura, desarrolló una investigación aplicada, como principales resultados logró realizar la automatización del tanque y realizar la simulación del combustible disminuyendo las fallas y mejorando el control de inventario como también la mezcla estable del combustible, mejorando la confiabilidad operacional. Así mismo, se evaluaron los criterios y parámetros para el dimensionamiento del tanque también se diagnosticó que los tanques de techo fijo existentes en dicha refinería tienen que ser cambiados a techo flotante para cumplir con la normativa vigente.

Sanillan (2020) quien diseñó un sistema recuperación de vapores en tanques de gasolina para revertir la contaminación ambiental en la planta Eten. Aplicó un estudio tipo aplicada tecnológica, diseño no experimental. Como principales resultados obtenidos en su investigación es la viabilidad del proyecto, la cual fue basada en antecedentes de experiencias, donde se determinó que las pérdidas por evaporación de los tanques de combustibles representan un valor de 5 422 gl/año.

Fiestas (2020) quien presentó la propuesta de automatizar el abastecimiento de combustible con el fin de mejorar la productividad de los trabajadores en un grifo en la ciudad de Sechura; desarrollando una investigación descriptiva no experimental. Como principales resultados se logró determinar la productividad en cuanto a la mano de obra siendo está del 48% por otro lado se concluyó que es prototipo de control automático para abastecer combustible en cisternas del grifo mejorará la productividad de la estación como consecuencia ya no necesitará más personal para dicho abastecimiento.

## **2.2. Fundamentación teórica**

Existen varias teorías que son las base para el sustento de esta investigación. La deshumidificación es el proceso por el cual un compuesto de gas y vapor se transfiere a fase líquida, es decir el vapor pasa de estado gaseoso (Bourouni, 2013), se puede provocar por adsorción o compresión, esto debido a que la temperatura del aire desciende por debajo del punto de rocío, mediante el contacto del aire húmedo por una cámara de aspersion de agua fría (Jones, 2001, pág. 45).

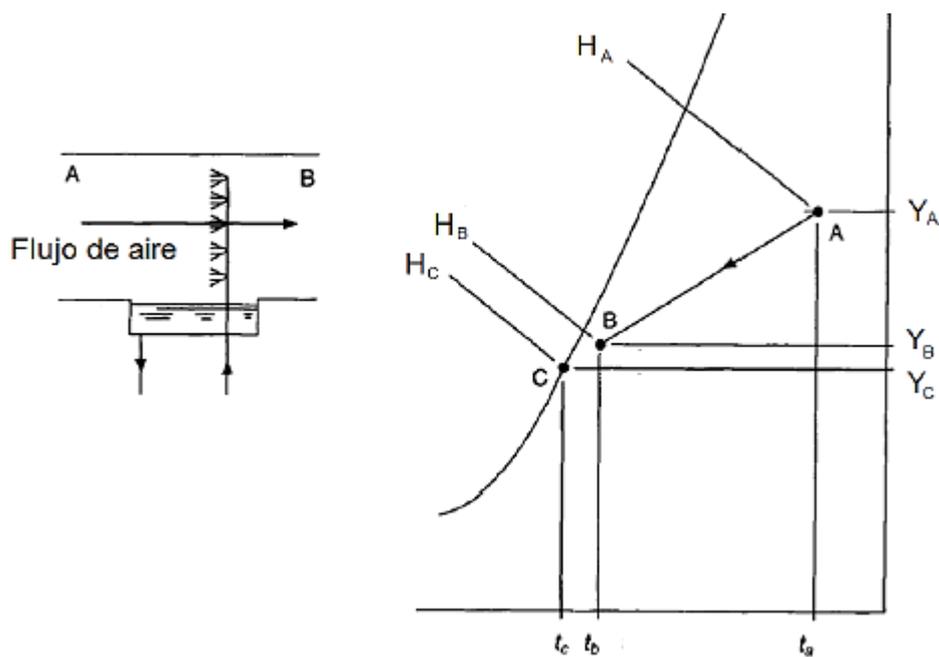
La deshumidificación, implica la remoción de la energía del sistema, según la gráfica descrita en la figura 1, la humidificación se define el rendimiento del equipo de manera análogo, mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{H_A - H_B}{H_A - H_C} = \frac{Y_A - Y_B}{Y_A - Y_C}$$

Para la deshumidificación del aire húmedo se opta por procesos de contacto directo e indirecto, recurriendo a equipos de absorción o intercambiadores de calor.

**Figura 1**

*Puertos electrónicos básicos en la placa Arduino*



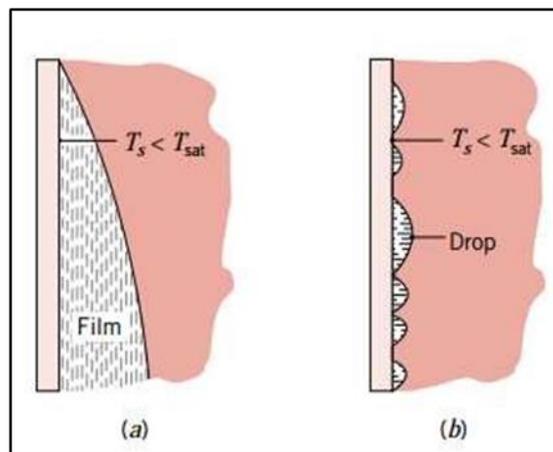
*Nota:* Tomado de Jones (2001)

La mezcla vapor de agua - aire, el aire contiene una mezcla de oxígeno, nitrógeno entre otros gases, al incluir aire húmedo, se considera una mezcla de dos gases ideales (Potter, 1994). Por el contrario, una mezcla saturada, se entiende cuando el aire seco entra en contacto con líquido, evaporándolo hasta lograr un equilibrio, logrando la saturación. Así mismo una mezcla no está saturada cuando la presión parcial del vapor mezclado es menor que la presión de vapor en equilibrio del líquido. Se puede considerar un gas insoluble en el líquido, cuando la presión total depende de la temperatura y la presión del saturado es independiente de la composición del gas (Treybal, 1988).

La condensación, se da cuando la temperatura del vapor es reducida por debajo de su temperatura de saturación, como resultado entre el contacto del vapor y una superficie fría. Se entiende que la condensación sucede cuando se enfría el aire, mientras que la velocidad del vapor desciende, por otro lado, cuando aumenta la temperatura del aire la condensación es posible que no suceda, ya que en su mayoría las moléculas de vapor suficiente energía como para mantenerse como vapor de agua.

## Figura 2

*Modos de condensación (a) Película de agua (b) Gotas*



*Nota:* Tomado de Incropera (2006)

Se entiende por temperatura punto de rocío, cuando la mezcla vapor – gas es saturada al enfriarse a una presión constante si tener contacto con el líquido, si se continúa enfriando la mezcla se terminará por condensarse el vapor. Cuando la humedad relativa está al 100%, el punto de rocío será la misma temperatura del aire o menor a esta (Glicksman, 2013, pág. 17).

Se define la humedad , como la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Así, mismo la humedad absoluta ( $\gamma$ ), es la relación entre la masa de vapor de agua y la masa de aire seco

$$\gamma = 0.622 * \frac{p_v}{P - p_v}$$

Donde:

$p_v$  = Presión parcial del vapor de agua presente el aire

$P$  = Presión total

Mientras que humedad relativa ( $\phi$ ), es la relación de la presión parcial del vapor de agua presente en el aire y la presión parcial del vapor saturado a la misma temperatura (Ocon y Tojo, 1986).

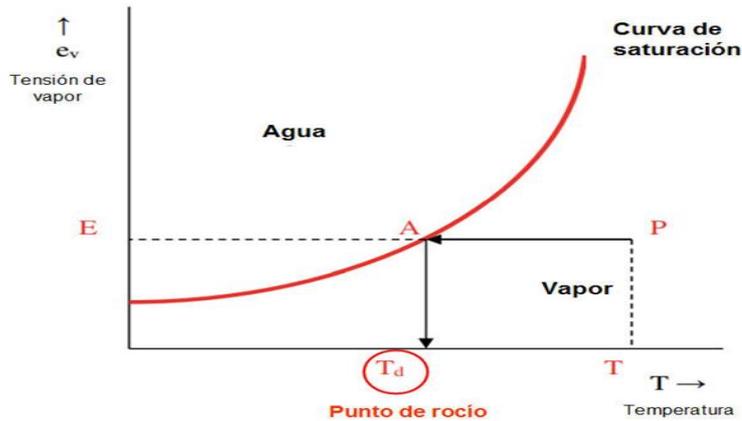
$$\phi = \frac{p_v}{p_{vs}}$$

Donde:

$p_{vs}$  = Presión parcial del vapor de saturado.

**Figura 3**

*Diagrama temperatura punto de rocío*



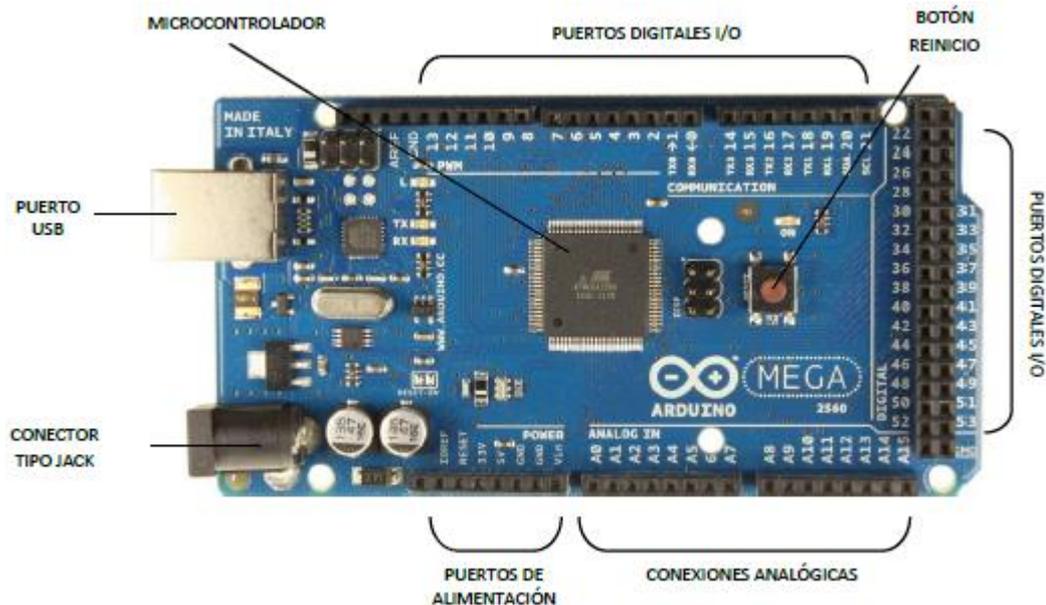
*Nota:* Tomado de Gatley (2013)

La plataforma Arduino es idónea para crear prototipos de código abierto, su estructura está basada en hardware y software flexible, fácil de emplear. Esta plataforma interactúa con un entorno controlado, con acceso a varios dispositivos, como: actuadores, motores, luces, sensores entre otros (Arduino, 2021). Los proyectos que se realizan con Arduino, no requieren de habilidad en programación, ya que esta plataforma fue diseñada para gente que no tiene un conocimiento profundo en esa rama, conforme se pone en marcha un proyecto se va adquiriendo experiencia (Evans, 2011).

Arduino es una placa electrónica que está conformada por un microprocesador acoplado a un conjunto de componentes como: puertos, diodos, resistencias, capacitores. Estas placas se pueden confeccionar o adquirirlas pre ensambladas, cada versión actualizada, donde tiene un botón de reinicio para cargar el programa en el microprocesador. A continuación, se describe la placa Arduino Mega 2560, presentado algunos puertos de comunicación y componentes comunes en todas las versiones (Tapia y Manzano, 2018).

**Figura 4**

*Puertos electrónicos básicos en la placa Arduino*



*Nota:* Tomado de López (2014)

El microcontrolador Arduino, es el componente central en la placa, donde se instala la programación y se ejecuta el código del programa diseñado. Específicamente un microcontrolador es un chip, donde en su interior funcionan las tres unidades de una computadora, como son la memoria, puertos de entorno y CPU. Los microcontroladores están acoplados en la misma placa, siendo imposible repararlos en caso de avería, a excepción del modelo de placa Arduino Uno (Alarcón y Lajo, 2019).

La plataforma Arduino ofrece algunas ventajas en comparación con otras plataformas de microcontroladores: Factibilidad, las placas Arduino son factibles y accesibles. Esta multi-plataforma, funciona en los sistemas operativos como, Windows, Macintosh, OXl y Linux, teniendo en cuenta que la mayoría de entorno para microcontroladores están limitados para Windows (Díaz, 2019). Es de programación directa y sencilla, siendo fácil para los usuarios, gracias al entorno de programación processing el usuario podrá aprender a programar familiarizándose con el desarrollo de Arduino. Software de código abierto, Arduino es una plataforma de licencia libre y preparada para desarrolladores

experimentados. Hardware ampliable, los usuarios o diseñadores pueden hacer su propia versión del módulo, logrando optimizarlo (Jyothish, 2013)

### 2.2.1 Características de Diesel DB5

El Diesel o Petróleo es un hidrocarburo en forma líquida que cuenta con densidades de aproximadamente 850kg o 0.85 g/cm<sup>3</sup> a unos 15 °C, se componen de manera fundamental de parafinas y cuenta con usos principales como el de calefacción, combustión para motores entre otros, su poder calorífico es muy alto con un P.C de 35.86 MJ según sea su composición y aditivos.

- El diésel se filtra y tiene diferentes usos en el mercado nacional
- Cuenta con una amplia gama de propiedades detalladas en su composición química.
- El diésel no representa riesgo para los componentes de las unidades de transporte y carga de cualquier máquina.
- No presenta reacción química con otros materiales, pruebas hechas en laboratorio.

### Figura 5

*Diesel*



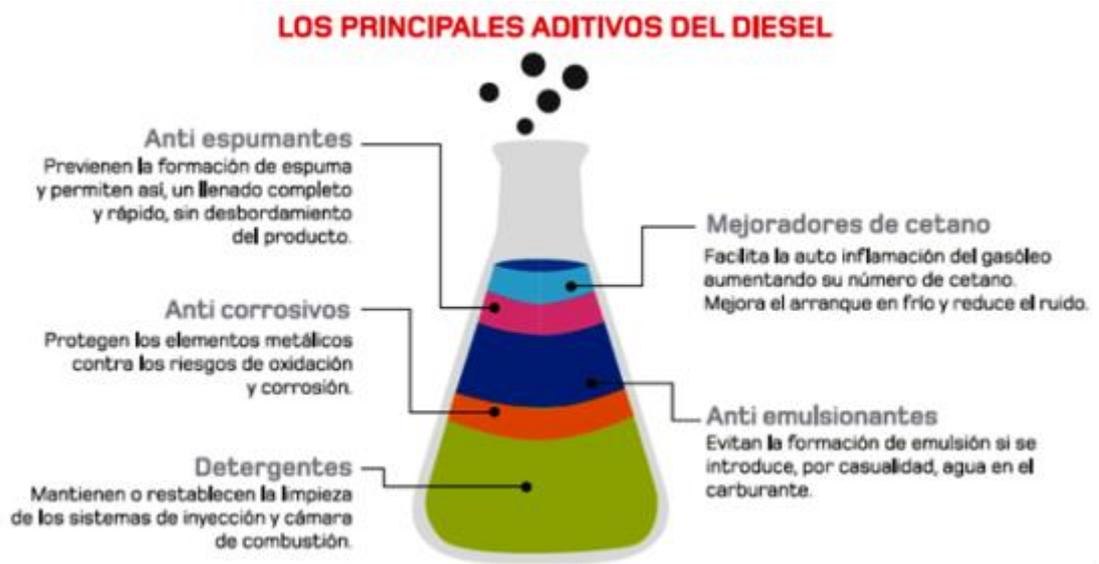
## 2.2.2. Propiedades del Diesel

Este Hidrocarburo no es compatible con el agua (no se puede mezclar), por ser de diferentes densidades. El diésel varía según la región, tiene una densidad de unos 0.745 kg/l, aproximadamente un 86.1% del hidrocarburo es carbono y al quemarse podemos obtener su calor específico de unos 43,1MJ/kg, sin embargo, debido a la densidad mayor que la gasolina es uno 11% más teniendo una consideración notablemente al compararla frente a la eficiencia de los motores con relación al gasolinero. Las emisiones del diésel son ligeramente más bajas que la gasolina.

Composición: este hidrocarburo se deriva del crudo del petróleo que cuenta con unos 75% de hidrocarburos saturados aproximadamente, siendo las parafinas de manera principal, por otro lado, incluyen también las isoparafinas y las ciclo parafinas y en un 25% de hidrocarburos aromáticos, que cuenta con los alcalobencenos y naftalenos. Su fórmula química  $C_{12}H_{26}$  con cantidades mínimas de otros derivados los cuales se formulan por  $C_{10}H_{22}$  a  $C_{15}H_{32}$ .

**Figura 6**

*Principales aditivos del Diesel*



Contaminantes en los tanques de almacenamiento de combustibles, estos se pueden contaminar mediante diversas formas por el crecimiento microbiano, suciedad, compuestos salinos orgánicos, polímeros, óxidos, agua hasta la

degradación del mismo combustible. Estos contaminantes originan depósitos en el motor, causando desgaste, así como también la obstrucción de los filtros (Coordinating Research Council, 2022).

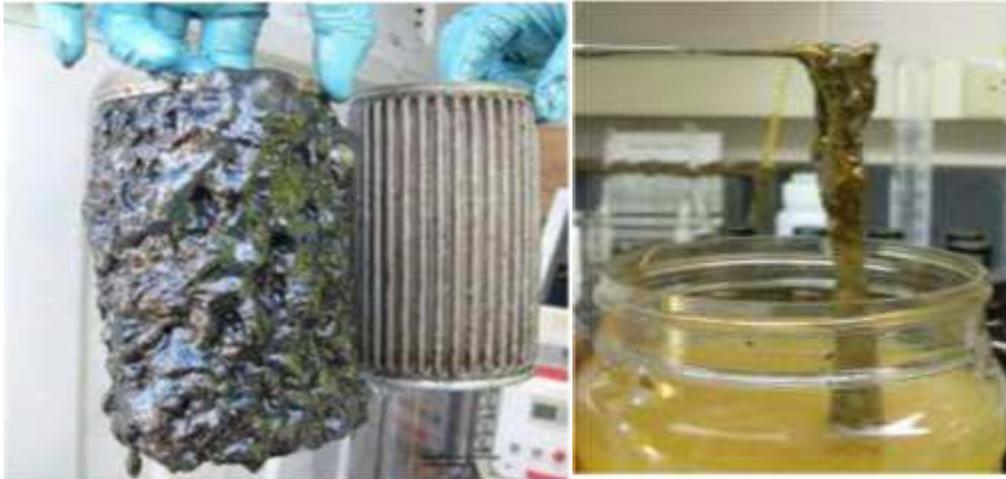
De los contaminantes más comunes tenemos al agua, encontrándose en los sistemas de inyección, esta entra de diferentes formas, ya que se puede disolver en el combustible o suspenderse en gotas pequeñas, esto depende de la composición y la temperatura del combustible, por otro lado, si el biodiesel está en el combustible es probable que el agua repercuta de manera directa en el diésel, ya que el agua es más soluble en la mezcla de biodiesel.

La condensación siempre está presente en los tanques de almacenamiento de diésel, gracias a al aire húmedo que ingresa por los conductos de ventilación o comúnmente llamados respiraderos, al estar dentro del recinto el aire húmedo se condensa (Geankoplis, 1998).

Contaminación por crecimiento microbiano, los diferentes tipos de microbios son capaces de alimentarse del mismo combustible, estos microbios requieren de gran cantidad de oxígeno para poder reproducirse, estos se alojan en las biopelículas, estas son complejas estructuras de polímeros viscosos y pegajosos, a medida que crece esta biopelícula forman una capa resinosa.

## Figura 7

*Filtro con obstrucción microbiana / Muestra de biopelícula en diésel*



*Nota:* Tomado de Mejía (2018)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de Investigación.

3.1.1. **Tipo de investigación** Se consideró una investigación aplicada, se emplearon conocimientos adquiridos, para realizar un diseño de un sistema deshumidificador utilizando la plataforma arduino para extraer el vapor de agua en tanques estacionarios de combustible. La investigación tecnológica aplicada se entiende como la explicación de la comunidad o naturaleza actual, trabajando con los estados del fenómeno u objeto de estudio (Gómez, 2012)

3.1.2. **Diseño de la investigación** Se consideró no experimental, puesto que no se manipulan las variables solo se hace una propuesta para solucionar la problemática en el futuro (Fernández et al., 2010).

#### 3.2. Variables, operacionalización.

**Variante independiente:** Diseñar un sistema deshumidificador utilizando la plataforma arduino (cuantitativa).

**Variable dependiente:** Extracción del vapor de agua en tanques estacionarios de combustible Diesel en la Costa Norte del Perú (cuantitativa).

- **Definición conceptual:** Un sistema deshumidificador es un equipo que filtra el aire del recipiente para extraer la humedad presente en él. Diseñando la plataforma Arduino en el equipo, se logrará tener un mayor control automático, extrayendo de manera eficiente el condensado del tanque de almacenamiento de combustible (Díaz & Vega del Aguila, 2020).
- **Definición operacional:** Será medida mediante el análisis documental y la observación. Gracias al análisis documental, se podrá indagar en las características del equipo deshumidificador, así como también en la

programación de la plataforma Arduino, como su ejecución del sistema del control.

- **Indicadores:** Hardware (Numero de sensores, Capacidad de placa arduino y Capacidad de microcontrolador) y software (Nivel de fiabilidad y Nivel de funcionalidad).
- **Escala de medición:** Hardware (Razón) y Software (Ordinal).

### 3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. **Población:** Se consideró como población a todos tanques de almacenaje de combustibles de las estaciones de servicio. La población se puede definir como la totalidad del universo.

- **Criterio de inclusión:** Todos los tanques con una capacidad de 2500 galones.

3.3.2. **Muestra:** Se consideró como muestra al tanque de almacenaje de combustibles de la estación de servicio de una empresa agroindustrial – Chiclayo, considerando el combustible Diesel DB5.

3.3.3. **Muestreo:** Para este proyecto se utilizará el muestreo no probabilístico, ya que el investigador asumirá el muestreo según su criterio.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Técnicas de recolección de datos:** Se utilizaron las siguientes técnicas en campo:

#### **Observación**

Se define esta técnica como “aquella donde el investigador procede a recopilar la información sin tener que dirigirse a los sujetos involucrados (Paz, 2014). Se utilizó esta técnica para caracterizar los parámetros del sistema de control, donde se logró evaluar diversas condiciones de trabajo al que fue sometido.

## **Análisis documentario**

Gracias a esta técnica permitió indagar sobre el funcionamiento de la plataforma Arduino y los adecuados materiales para el diseño del sistema y la selección de piezas estándar para el control del deshumidificador.

## **Instrumentos de recolección de datos**

### **Guía de observación:**

Servirá para registrar los parámetros de diseños del diseño del sistema como también del tanque donde se va implementar el control automático. Por otro lado, servirá para llevar un registro del vapor de agua condensado que se drena del tanque.

### **Ficha de análisis documental:**

Servirá para registrar los valores tomados en las pruebas realizadas en el tanque de combustible de la empresa agroindustrial.

**Tabla 1**

*Técnica e instrumentos de recolección de información*

Técnica	Instrumento	Objetivo
Observación	Guía de observación	Gracias a este instrumento se pretende inspeccionar de manera directa lo sucedido alrededor del objeto de estudio (tanques de almacenamiento de combustible)
Análisis documental	Guía de análisis documental	Gracias a este instrumento permite registrar los valores tomados en las pruebas realizadas en el tanque de combustible de la empresa agroindustrial

## **Validez y confiabilidad**

### **Validez**

Esta investigación es revisada por especialistas relacionados al tema de investigación, por lo tanto, expresa la correcta interpretación de los resultados obtenidos.

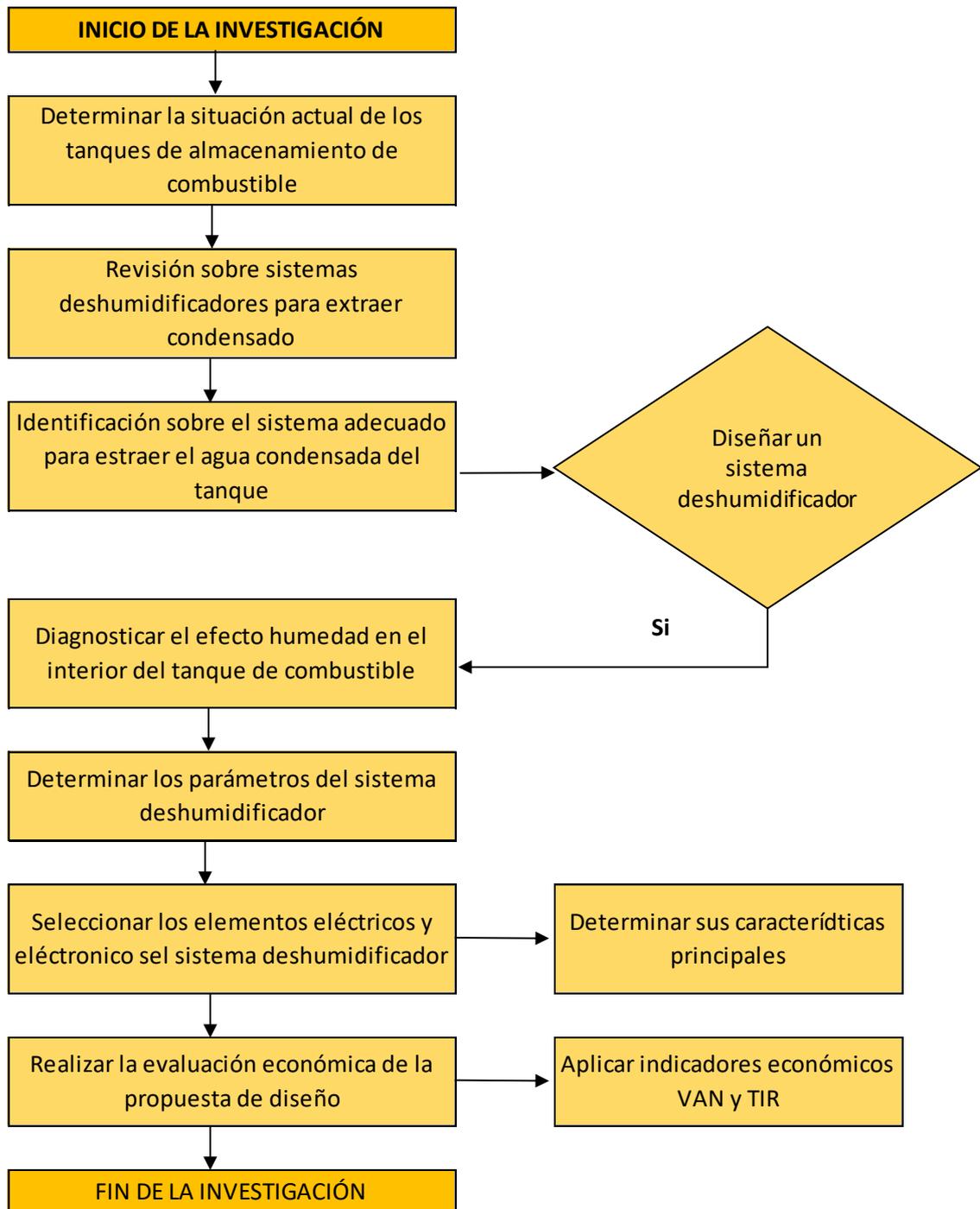
### **Confiabilidad**

Esta investigación obtuvo resultados coherentes y consistentes.

### 3.5. Procedimientos

Figura 8

Flujograma del desarrollo de la investigación



### **3.6. Método de análisis de datos.**

Para el proceso de los diferentes datos obtenidos se empleará un análisis descriptivo, mediante diagramas la cual ayuda para analizar el procedimiento de las variables gracias al empleo de Microsoft Excel, por otro lado, se empleará la plataforma Arduino para simular el sistema de control.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se respetó la propiedad intelectual, así como también la protección de la identidad de aquellos que aportaron y colaboraron en esta investigación. Así mismo, este proyecto de investigación se desarrolla tomando en cuenta estándares bajo la normativa ISO 690 y 690, respetando la norma ética implantada por esta casa de estudios.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Evaluar el efecto progresivo de la humedad dentro de un tanque Diesel DB5 estacionario de una estación de servicio.

El diésel es un hidrocarburo que se encuentra de manera líquida con una densidad alta por los 850kg/m<sup>3</sup>, está compuesto en principio por parafinas y cuenta con el encendido de diferentes unidades vehiculares tanto livianas como pesadas, este combustible es muy útil por su generación de potencia en motores de combustión interna.

**Tabla 2**

*Características del Diesel que se utiliza en la empresa.*

Detalles	DIESEL
Normal de combustible	ASTM PS121
Composición	C10-C21 HC
Carbono (% peso)	86.5
Azufre (% peso)	0.05 max.
Agua (ppm peso)	161
Oxígeno	0
Hidrogeno (% peso)	13
No. Cetano	40-55
PCI (KJ/ Kg)	41,860
Viscosidad cinem. (mm <sup>2</sup> /s)	3.2
Punto de inflamación (°C)	60-80
Punto de ebullición (°C)	188-343
Gravedad específica (Kg/l) (60° F)	0.85
Relación de aire/combustible	15
Densidad a 15° C (kg/m <sup>3</sup> )	0.84
Contenido en oxígeno (% m/m)	0
Contenido en azufre (mg/kg)	<10
Poder calorífico (MI/kg)	43
Emisiones de CO <sub>2</sub> (Kg/MI)	0,08
Punto de ignición (°C)	63

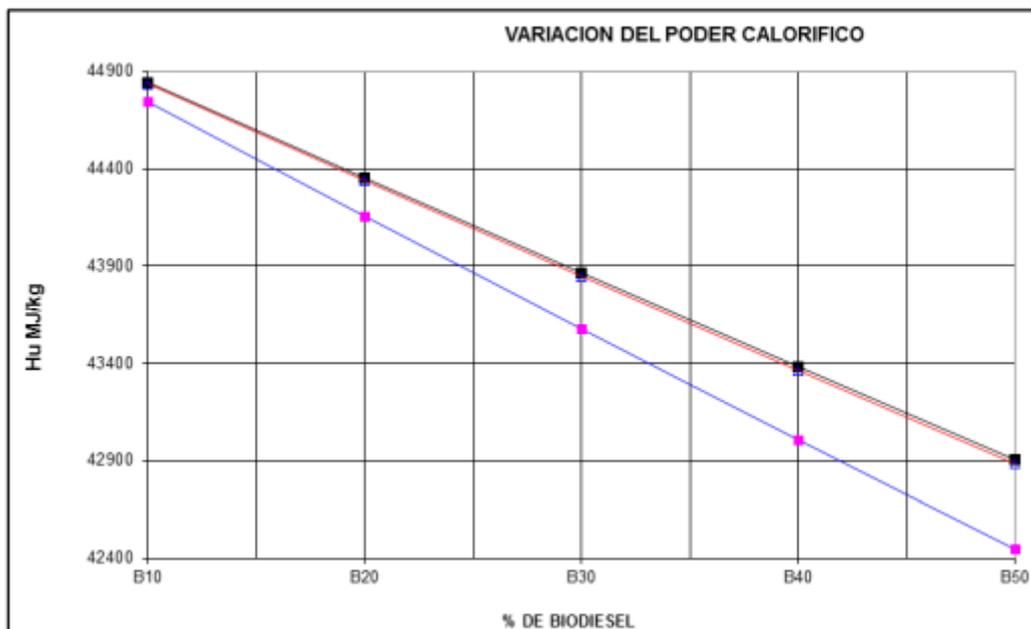
Numero de Cetano	45-50
Calor de combustión (Mj/Kg)	44
Punto de enturbiamiento (°C)	0
Residuo de carbón (% peso)	0.2

El combustible cuenta con un poder calorífico que varía según su composición y este puede ser desde 35.86 MJ/l o unos 43.1 MJ/kg siendo determinada por la siguiente ecuación.

$$(\dot{m}_1) = \dot{v} \cdot \rho \left( \frac{kg}{h} \right)$$

**Figura 9**

*Valoración del poder calorífico*



Para objeto de este análisis vamos a estudiar El tanque de almacenamiento tiende a contaminarse por la presencia de humedad, dando lugar al crecimiento microbiano, mermando la calidad del combustible.

**Figura 10**

*Características del tanque Diesel*

**Tanques de Combustible Diésel Doble Pared TKDP**  
**Cilíndrico Horizontal Para Plantas de Emergencia**

**KASER INGENIERIA**  
**México**



Energía que mueve el mundo



**KASER POWER**  
**México**

**Dimensiones de Tanques**

CODIGO	Litros	GL	Diámetro	Largo	Alto Total	Alto Patas
1	50	13	0.46	0.56	0.96	0.30
2	100	26	0.56	0.66	1.06	0.30
3	150	40	0.61	0.76	1.11	0.30
4	200	53	0.66	0.86	1.16	0.30
5	250	66	0.66	1.13	1.16	0.30
6	300	79	0.76	1.13	1.26	0.30
7	500	132	0.84	1.13	1.34	0.30
8	750	198	0.96	1.25	1.46	0.30
9	1,000	264	1.06	1.46	1.61	0.30
10	1,500	396	1.06	2.06	1.61	0.30
11	2,000	528	1.16	2.26	1.71	0.30
12	2,500	660	1.22	2.46	1.77	0.30
13	3,000	793	1.22	2.96	1.77	0.30

Paso Hombre a Partir de Capacidades de 2,000 Litros      Unidades: Metros

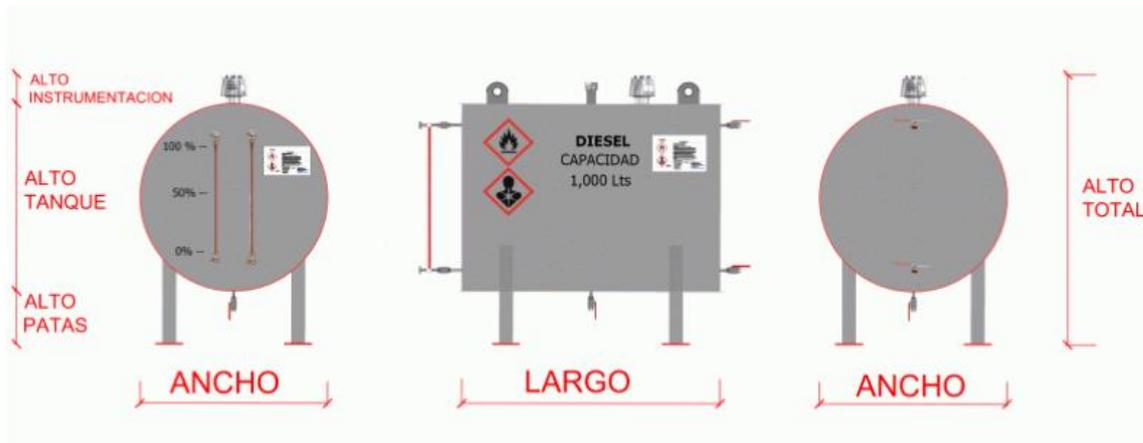
**Características.**

**Material:**  
 Acero al Carbón  
 Acero Inoxidable

**Puertos:**  
 Salida a Máquina  
 Retorno de Combustible  
 Llenado  
 Drenado  
 Medición  
 Venteo  
 Adicionales

Espesores, Materiales, Puertos y Medición Ver Configurador de Tanques.

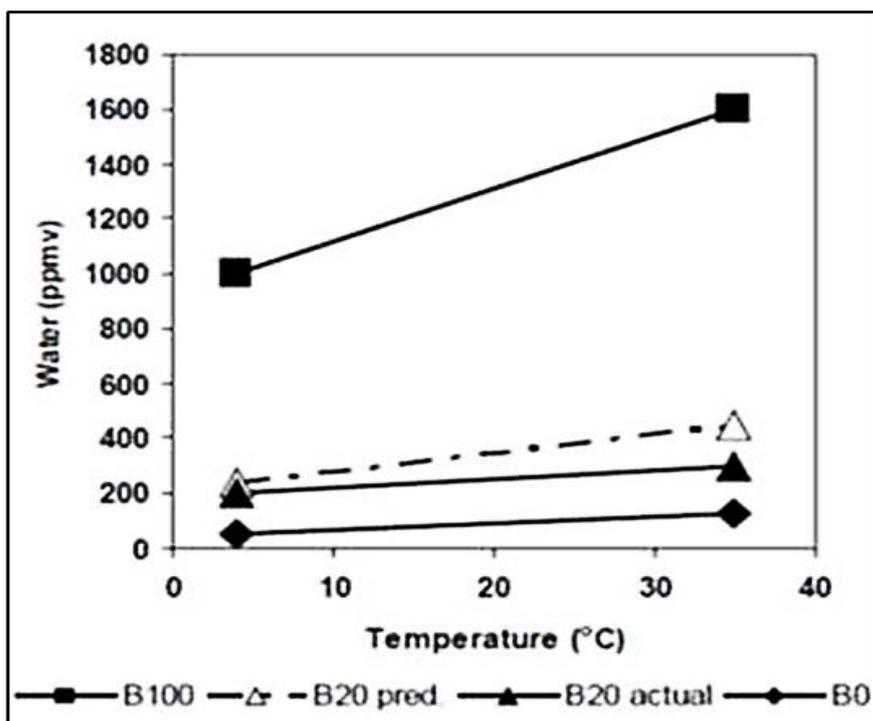
**Normatividad:**  
 NFPA 1, 12, 30, 30A, 31, 37, 70  
 UL 142  
 API 550, 620, 660



Según Coordinating Research Council (2022), la contaminación del combustible por agua es la más común en un tanque de almacenamiento, produciendo daños en los sistemas de inyección de los usuarios.

**Figura 11**

*Retención de agua de una mezcla de biodiesel*



*Nota:* Tomado de Coordinating Research Council (2022)

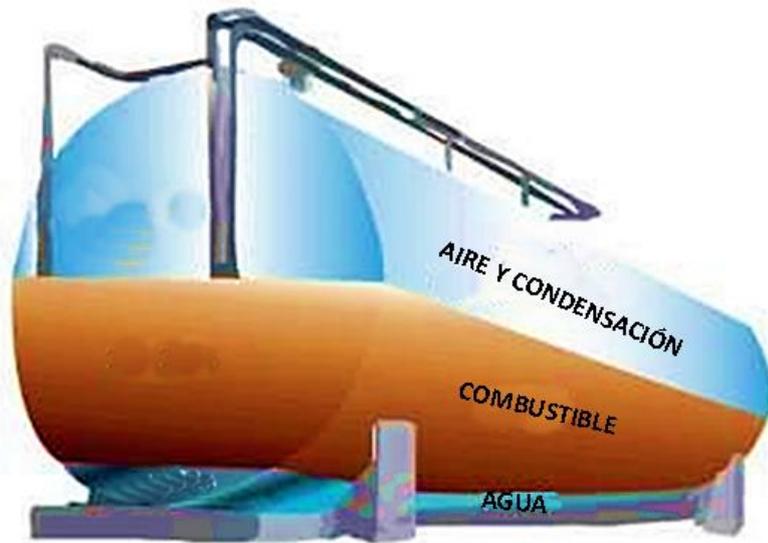
El combustible entra con el agua, por intermedio del proceso de refinación o por medio de la condensación en tanques de almacenamiento, la cantidad de agua disuelta en un combustible, depende de su composición y temperatura del mismo. A continuación, se describen los efectos que causa la presencia de humedad en el interior del tanque de almacenamiento:

#### **4.1.1. Condensación en el tanque de almacenamiento**

Este fenómeno es constante en el interior del tanque ya que el aire húmedo ingresa por los conductos de ventilación. Por más que se emplean filtros desecantes, estos no son efectivos. Estando el aire dentro se condensa si es que está en contacto con una superficie fría o en el punto de rocío (Bassante y Díaz, 2019). 24

## Figura 12

*Condensación de vapor de agua en el tanque.*



El agua presente en el combustible diésel puede ocasionar:

- Pérdida lubricidad del combustible.
- Disminución de la capacidad de la bomba de combustible.
- Decantación de depósitos en el inyector de combustible.
- Obstrucción del filtro de combustible.
- Inestabilidad del combustible.
- Da lugar al crecimiento de bacterias en el interior del tanque.

### 4.1.2. Crecimiento microbiano

Otro de los efectos negativos en el interior del tanque de almacenamiento es la formación microbiana en las biopelículas del combustible mismo, estos microbios utilizan al combustible como su fuente alimentación están compuestos por bacterias y hongos, como la levadura y el moho necesitan de oxígeno para poder crecer.

Los microorganismos presentes en interior del tanque a su vez dan lugar al incremento del volumen de agua por la misma degradación microbiana del hidrocarburo influyendo también su actividad metabólica está a su vez conlleva a la formación de peróxidos y ácidos incrementando la viscosidad del combustible

trayendo como consecuencia la formación de lodos y fangos residuos de corrosión dando problemas a la filtración corrosión de los tanques y la pérdida de la calidad del combustible.

### **Figura 13**

*Presencia microbiana en el filtro de combustible.*

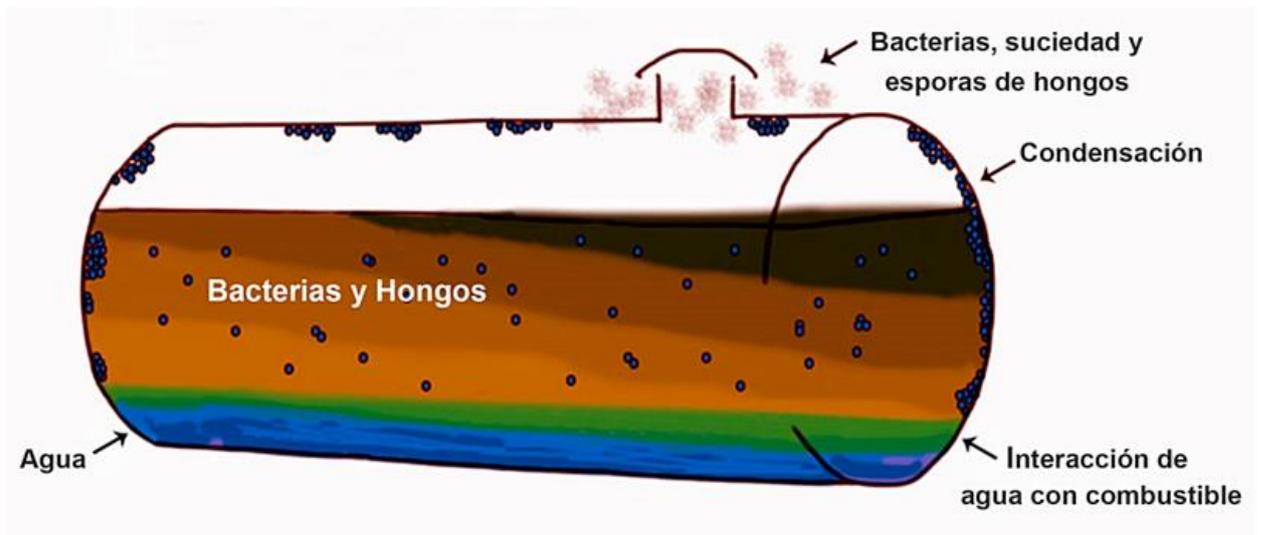


El tanque de almacenamiento afectado por una contaminación microbiana presenta:

- Sólido sobrenadante en la interface agua/gasóleo.
- Corrosión en la pared del tanque y en las partes metálicas del filtro, presencia de una masa gelatinosa irregular en la superficie del relleno (hongos).
- Bacterias anaerobias que vienen hacer los sólidos sedimentados en el fondo del tanque.
- Biofilm en la superficie del combustible, también sobre las superficies del tanque (tuberías, techo, paredes y fondo).

### **Figura 14**

### Efecto de la humedad en el interior del tanque



#### 4.1.3. Estimación del crecimiento microbiano

Fases de cómo crece exponencialmente podemos determinar los siguiente (Olofsson, 2019):

$$dN/dt = \mu N - kdN$$

Donde:

$dN/dt$ : tasa de crecimiento

$\mu$ : velocidad específica de crecimiento ( $t^{-1}$ )

$N$ : número de células o biomasa en el tiempo

$Kd$ : constante de velocidad de muerte celular

Se caracteriza caracterizado por la ecuación (Arana y Barcina, 2021):

$$\ln N - \ln N_0 = \mu (t-t_0) \text{ ó } \log N - \log N_0 = \mu / 2,303 (t-t_0)$$

Esta con constantes proporcionales  $\mu$ , indicando la velocidad con la que crecen denominándose constantes específicas de velocidades de crecimiento (en unidades de biomasa) tienen como unidad de tiempo ( $h^{-1}$ ).

Una posibilidad para el uso de parámetros como el tiempo que demora en hacer la duplicidad de la población o el tiempo que se generan, g (Li et al., 2022).

$$g = 0,693/\mu$$

g: tiempo de generación

Una inversa de tiempo de generación lo llamamos velocidad creciente(K) y su dimensión es generación/hora (P.K.S. et al., 2023).

$$K = 1/g$$

K: velocidad de crecimiento

Se puede hacer un cálculo del valor  $\mu_{max}$  (velocidad máxima) de cómo crece para la concentración microbiana con sustratos dados. En ese caso se efectúa una curva de crecimiento con la concentración creciente de sustrato planteada y así determinar el valor de  $\mu$  para esa solución de estudio (Zhao et al., 2023).

$$\mu = \mu_{max} S/(K_s + S)$$

siendo:

$K_s$  constantes de saturación del sustrato igualando a las concentraciones máximas al  $\mu = \frac{1}{2} \mu_{max}$ .

Por otro lado, podemos usar en su forma transformada:

$$1/\mu = 1/\mu_{max} + (K_s/\mu_{max}) (1/S)$$

En fases estacionarias podemos hacer determinaciones con cada parámetro interesante de las cosechas máximas y el rendimiento.

Las cosechas máximas son la biomasa máxima que se obtiene y se puede calcular por medio de (Díaz y Vega del Águila, 2020):

$$M = M_t - M_0$$

siendo,  $M_t$  es el tiempo en función de la biomasa y podemos calcular los momentos en las fases estacionarias en los números de células elevadas a  $M_0$  es la biomasa del inoculo. Estos resultados los expresamos en gramo, miligramo, etc.

Como rinde la biomasa que produce en cantidades de sustratos consumidas. Mediante cálculos podemos obtener.

$$Y = \text{Biomasa producida/Sustrato consumido} = (M_t - M_0)/(S_0 - S_t)$$

siendo,  $S_0$  el volumen de sustrato inicialmente del cultivo  $S_t$  es el mismo en relación al tiempo (t) en que obtenemos los números de células elevadas. Teniendo como resultados y expresándolos en gramo de célula / gramo que se consume.

#### **4.1.4. Corrosión**

Uno de los componentes que está unido al espacio que se vaporiza es la tubería de la bomba de suministro del tanque, está situada verticalmente en el tanque y está expuesto de forma variable al combustible y volumen de aire ya sea en el reabastecimiento del combustible, cabe mencionar que la parte más corroída es la que está en contacto con el área del aire, los puntos de mayor corrosión están en la parte más alta del tanque.

El nivel de corrosión depende de factores como:

- Concentración de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{O}_2$
- El PH de la fase acuosa
- Tiempo de exposición
- Temperatura

**Figura 15**

*Corrosión en tubería de bomba de combustible*



## 4.2. Determinar los parámetros que influyen en un sistema deshumidificador en tanques de combustible estacionarios.

### 4.2.1. Dimensiones de Tanque de Combustible.

Para el desarrollo de la presente investigación, la propuesta de diseño del sistema deshumidificador es para tanques de diferentes volúmenes, que se utilizan para el transporte de gasolina; así mismo hay que tener en cuenta que el sistema de transporte de combustibles líquidos en el Perú, contempla que el volumen mínimo a transportar es de 500 Galones.

En la Tabla 2, se muestra las capacidades de los tanques cisternas de combustibles y el número de compartimientos, para el transporte de gasolina.

**Tabla 3**

*Capacidades y número de compartimientos cisternas combustible*

N°	Capacidad (Galones)	N°			
		Compartiment o	1° Compartimiento	2° Compartimiento	3° Compartimiento
1	1500	1	1500		
2	2500	2	1500	1000	
3	3500	2	2000	1500	
4	5500	2	3500	2000	
5	8000	3	3000	2000	1000
6	9000	3	3000	3000	3000
7	11000	3	4500	3500	3000

*Nota:* Tomado de DGH MINEM (2019)

Los tanques cisternas tienen geometrías circulares y elípticas, para ésta investigación, el diseño del equipo deshumidificador es para cisternas con geometrías circular; en función a ello se tiene las dimensiones de cada uno de los compartimientos de los tanques de combustibles; para lo cual se utiliza la siguiente expresión que determina el volumen de cada compartimiento, expresados en galones.

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} * \frac{L}{3785}$$

Dónde:

V: Volumen, en galones.

D: Diámetro en cm.

L: Longitud en cm.

En función a ello, se tiene las dimensiones de los diámetros y longitudes de los compartimientos de los tanques con geometría circular, tal como se muestra en la Tabla 3

**Tabla 4**

*Dimensiones de diámetro y longitud de compartimientos tanques de combustibles*

N°	Capacidad (Galones)	1° Compartimiento		2° Compartimiento		3° Compartimiento	
		Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)
1	1500	190.04	240				
2	2500	190.04	240	190.04	160.21	190.04	
3	3500	240.38	200	240.38	150.20	240.38	
4	5500	243.89	340	243.89	194.54	243.89	
5	8000	232.75	320	232.75	213.62	232.75	106.81
6	9000	244.49	290	244.49	290.38	244.49	290.38
7	11000	240.38	450	240.38	350.46	240.38	300.40

*Nota:* Tomado de DGH MINEM (2019)

En función a las dimensiones de cada compartimiento, se determina el volumen total y el volumen nominal, la diferencia entre el volumen total y el volumen nominal, es el volumen libre que es ocupado por los volátiles que posee la gasolina; en la tabla 5, se muestra el cálculo del volumen de los volátiles.

**Tabla 5***Volumen de los volátiles de gasolina*

N°	Capacidad (Galones)	N° Compartimientos	Capacidad en Galones									
			1° Compartimiento			2° Compartimiento			3° Compartimiento			
			Volu men Nominal	Volu men Total	Volu men Libre	Volu men Nominal	Volu men Total	Volu men Libre	Volu men Nominal	Volu men Total	Volu men Libre	
1	1500	1	1500	1800	300							
2	2500	2	1500	1800	300	1000	1200	200				
3	3500	2	2000	2400	400	1500	1800	300				
4	5500	2	3500	4200	700	2000	2400	400				
5	8000	3	3000	3600	600	2000	2400	400	1000	1200	200	
6	9000	3	3000	3600	600	3000	3600	600	3000	3600	600	
7	11000	3	4500	5400	900	3500	4200	700	3000	3600	600	

Con la información de los volúmenes que ocupan los volátiles de la gasolina, se determina la masa de vapor en función a la temperatura en el cual se encuentra el tanque de combustible; ésta masa del vapor es la que se condensa y cambia de fase, lo cual va a permitir analizar la cantidad de calor que requiere el equipo deshumificador. Para lo cual se tiene la información de la densidad del vapor de agua contenido en el aire, a las condiciones de presión atmosférica; en la tabla 6, se muestra la información de la densidad del vapor de agua.

**Tabla 6**

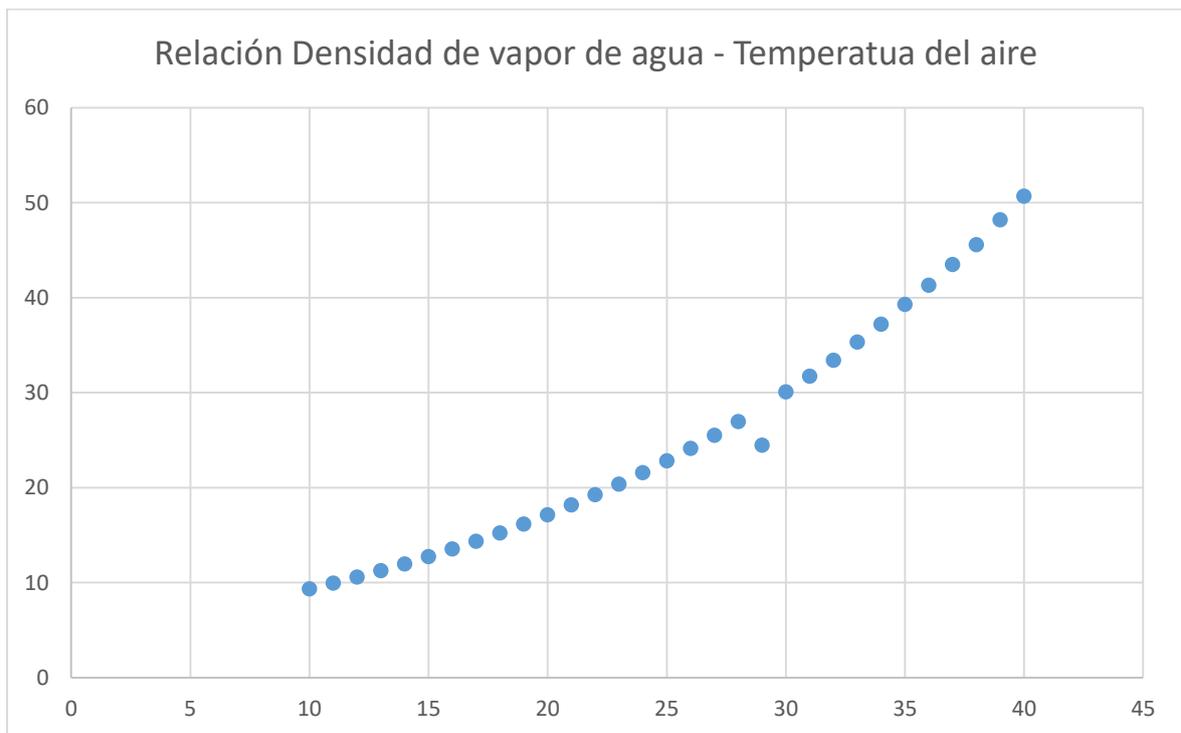
*Densidad del vapor de agua en el aire atmosférico*

Temperatura °C	Densidad g/m <sup>3</sup>
40	50.67
39	48.18
38	45.59
37	43.5
36	41.32
35	39.28
34	37.22
33	35.31
32	33.4
31	31.74
30	30.07
29	24.48
28	26.97
27	25.52
26	24.14
25	22.83
24	21.57
23	20.38
22	19.25
21	18.19
20	17.14
19	16.17
18	15.24
17	14.36
16	13.53
15	12.73
14	11.96
13	11.27
12	10.6
11	9.96
10	9.35

Se establece numéricamente la relación entre la temperatura del aire atmosférico y la densidad del vapor de agua, con la finalidad de establecer dicha relación; se muestra la tendencia entre dichas variables.

**Figura 16**

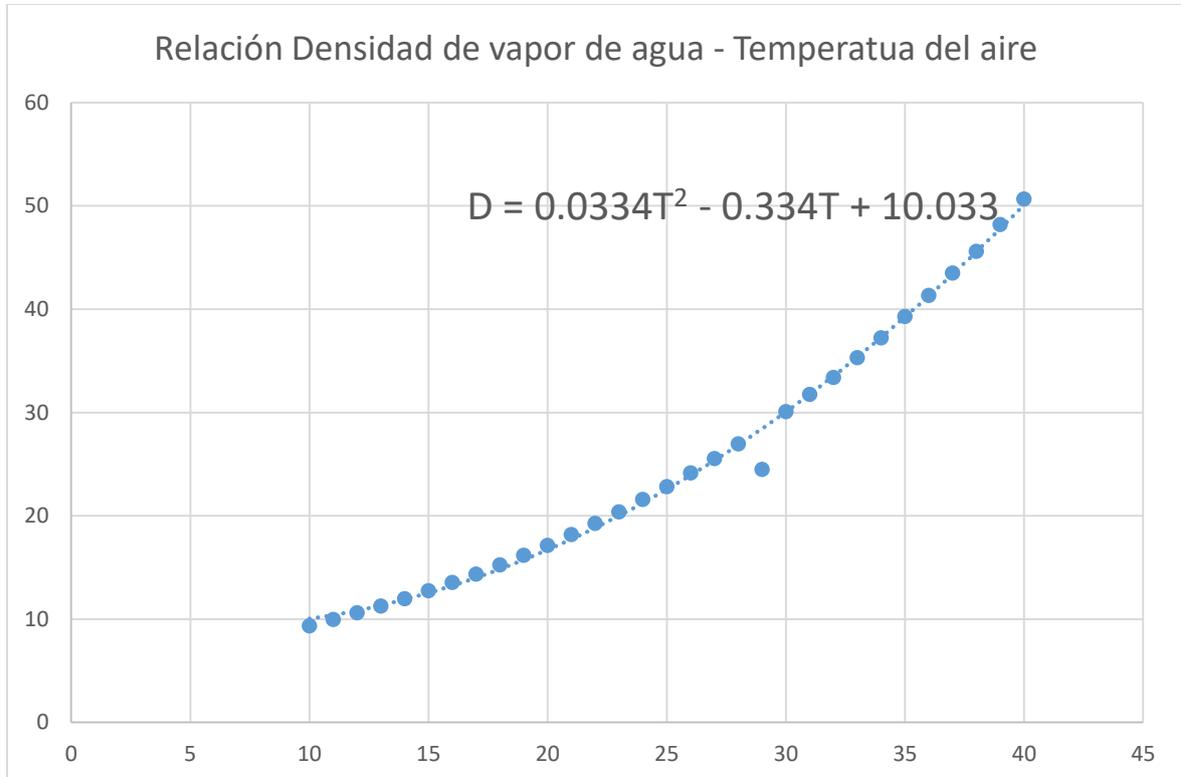
*Tendencia de la densidad del vapor de aire en función de la temperatura del aire*



Se observa en la figura que la tendencia entre dichas variables es parabólica por lo cual la tendencia es polinómica de grado 2; utilizando el comando “línea de tendencia de variables” se muestra la relación entre ellas, la variable Temperatura del aire atmosférico en el eje de abscisas X y la variable densidad del vapor de agua en el eje de las ordenadas Y.

### Figura 17

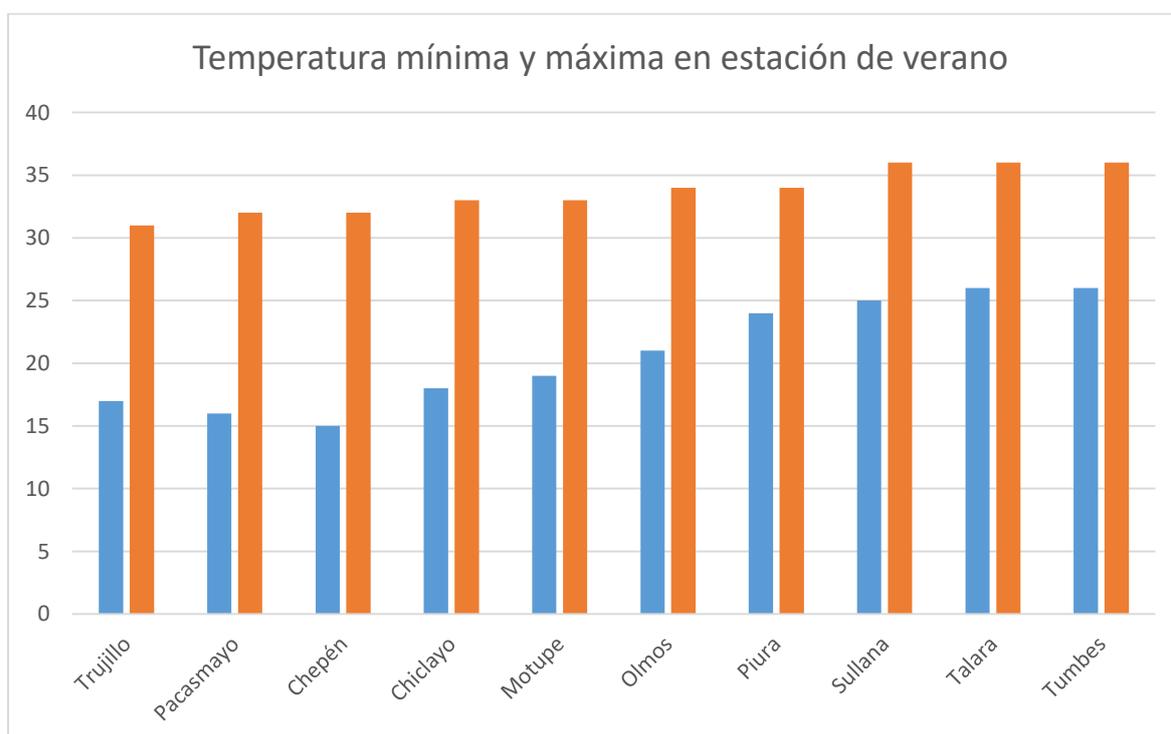
Relación numérica entre densidad de vapor de agua y temperatura del aire atmosférico



En la Figura 13, se estableció la relación  $D = 0.0334T^2 - 0.334 T + 10.033$ , es decir en un rango de valores entre 10 y 40 grados centígrados, el valor de la densidad del vapor de agua varía desde 9.35 a 50.67 gramos/m<sup>3</sup>; el valor de la temperatura del aire atmosférico varía en función a la zona en donde se encuentra la unidad vehicular; el proyecto propuesto es para la zona norte del Perú, en el cual la temperatura es variable de acuerdo a la estación del año; de acuerdo al reporte del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, los valores de temperatura máxima y mínima en las principales ciudades del norte del Perú, se observan en la Tabla 6.

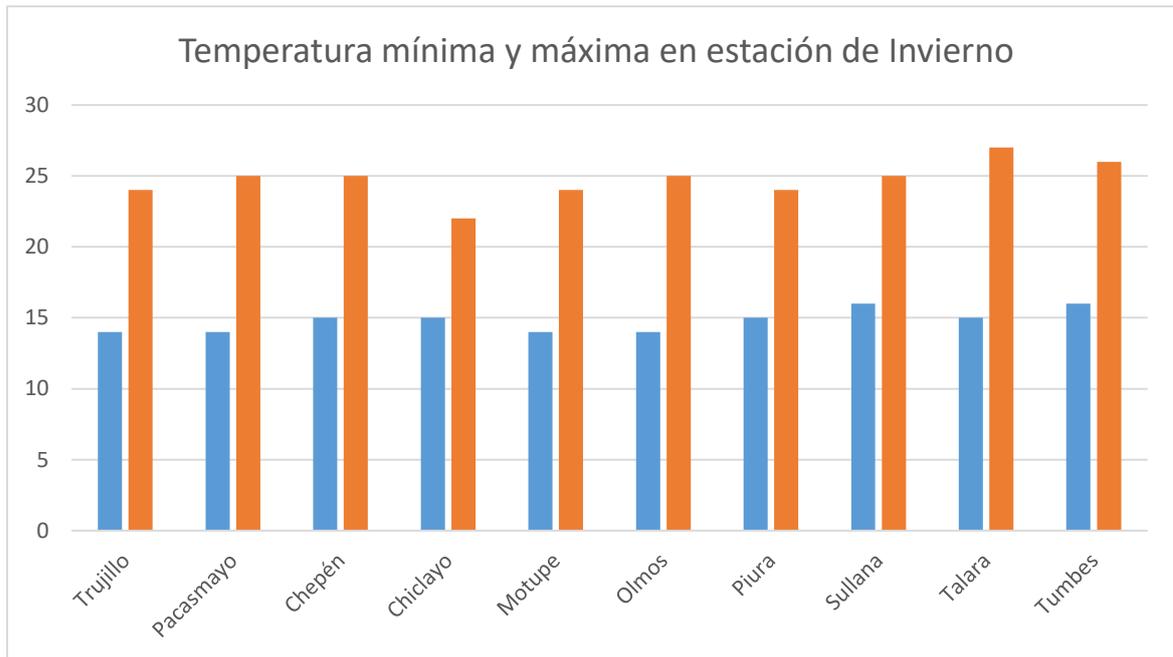
**Tabla 7***Valores mínimos y máximos de temperatura en la zona norte del Perú*

Ciudad	Temperatura en grados centígrados							
	Verano		Otoño		Inverno		Primavera	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Trujillo	17	31	15	28	14	24	17	25
Pacasmayo	16	32	14	29	14	25	18	26
Chepén	15	32	14	29	15	25	16	27
Chiclayo	18	33	17	28	15	22	18	27
Motupe	19	33	15	29	14	24	19	29
Olmos	21	34	16	31	14	25	20	30
Piura	24	34	18	29	15	24	22	30
Sullana	25	36	17	32	16	25	18	32
Talara	26	36	18	32	15	27	22	30
Tumbes	26	36	17	32	16	26	20	31

*Nota: Tomado de SENAMHI (2021)***Figura 18***Temperatura mínima y máxima en estación de verano*

**Figura 19**

*Temperatura mínima y máxima en estación de verano*



Para efectos de determinar la cantidad mínima y máxima de la masa de vapor de agua que está en el aire atmosférico, se utiliza la relación numérica  $D = 0.0334T^2 - 0.334 T + 10.033$ , y con el valor del volumen libre en los tanques de gasolina, se determina la masa de vapor en kg, utilizando la siguiente expresión:

$$m = \frac{(0.0334T^2 - 0.334 T + 10.033)}{264.1 * 1000} \cdot Vv$$

Dónde:

m: Masa de vapor de agua, en Kg

T: Temperatura del aire atmosférico, en °C

Vv: Volumen de los volátiles de gasolina en cada compartimiento de tanque de combustible, en galones

Utilizando los datos de la Tabla 6, en el cual se tiene los volúmenes de los volátiles en los diferentes compartimientos de los tanques de gasolina, se determina la masa de vapor que se extrae a diferentes temperaturas; en la Tabla 7, se muestra

la información completa de la cantidad de vapor para un rango de temperaturas entre 14 y 36 grados centígrados, que es el rango de temperaturas, que se tiene en las ciudades de la costa norte del Perú.

**Tabla 8**

*Masa de vapor extraído tanque cisterna gasolina 11000 Gln*

Capacidad (Galones)	Temperatura en °C	Masa de vapor en el aire atmosférico en Gramos		
		1° Compartimiento: 4500 Galones	2° Compartimiento: 3500 Galones	3° Compartimiento : 3000 Galones
11000	14	40.564	31.550	27.043
	15	42.727	33.232	28.485
	16	45.117	35.091	30.078
	17	47.735	37.127	31.823
	18	50.581	39.340	33.720
	19	53.654	41.731	35.769
	20	56.955	44.298	37.970
	21	60.483	47.042	40.322
	22	64.239	49.964	42.826
	23	68.223	53.062	45.482
	24	72.434	56.338	48.289
	25	76.873	59.790	51.249
	26	81.540	63.420	54.360
	27	86.434	67.227	57.623
	28	91.556	71.210	61.037
	29	96.906	75.371	64.604
	30	102.483	79.709	68.322
	31	108.288	84.224	72.192
	32	114.320	88.916	76.213
	33	120.580	93.785	80.387
	34	127.068	98.831	84.712
35	133.783	104.054	89.189	
36	140.726	109.454	93.818	

## **4.2.2. Sistema de lectura**

### **4.2.2.1. Temperatura**

Es básico el poner un aparato que mida la temperatura del área donde se necesita leer (Li et al., 2022).

### **4.2.2.2. Temperatura de diseño**

El MeOH se almacena a 20 °C, por eso la temperatura diseñada se obtiene por lo siguiente (Li et al., 2022):

$$TD = Top + 20^{\circ}C$$

TD: Temperatura de diseño

Top: Temperatura de operación

### **4.2.2.3. Humedad**

Podemos relacionar cuan real sea la humedad del aire por medio de temperaturas dadas con relación a que cantidades máximas de aire son capaces de retener a esas temperaturas y las llamamos humedad relativa.

Esta puede variar entre 0 en aire muy seco hasta 1 en aire sobrecargado, advirtiendo así que estas cantidades tienen dependencia con las temperaturas.

Los rangos que se desea que tenga esta humedad es relación cuan cómoda térmicamente es medir oscila entre los 40 a 60% (Zhang et al., 2022).

### **4.2.2.4. Presión de operación**

Para los recipientes que se someten a presión interior, podemos determinar la Pd, obtenidas en función a la presión de trabajo, Pt. Según norma ASME (8) se determina con las expresiones 5.1a y 5.2 en psi.

## **4.2.3 Sistema de recirculación**

### **4.2.3.1 Margen de corrosión en tuberías del deshumidificador:**

Para protecciones antioxidantes, anti corrosivas y protecciones catódicas obtenemos márgenes iguales a 0.

#### 4.2.4. Cálculo de velocidad de fluido por tuberías (Tapia y Manzano, 2018):

$$Q = V * A$$

v = Velocidad del agua, en m/s

s = Sección de la tubería m<sup>2</sup>

Q = Caudal de agua que circula por la tubería, en m<sup>3</sup> /h.

Hará un ciclo cerrado donde recorre el aire, quiere decir que hace un retorno nuevamente al tq, ingresando con menor humedad, gracias a cada blower que se instaló junto a las bridas o juntas. (Zhao et al., 2023).

#### Figura 20

*Circuito de tuberías*



#### 4.2.5. Diseño de las tuberías

Los diseños dependen mucho de lo que pueda circular interiormente. Generalmente cada líquido que circula por estas tuberías se separan, llamándose así monofásicas, mientras que en otros casos podemos determinar en fases del interior de tuberías por lo que la llamaríamos multifásicas.

#### 4.2.6. Tuberías monofásicas

Detallaremos, los procesos seguidos de determinación de características de cada tubería. En primer lugar, consta de la obtención de datos de los fluidos que recirculan en el interior de cada tubería don densidades y caudal másico (Vizcarra et al., 2021):

$$Q_{mL} = 25547.25 \frac{Kg}{h} \rho_L = 723.4 \frac{Kg}{m^3}$$

$Q_{mL}$ ; caudal másico en líquido,

$\rho_L$ ; Densidad de liquido

Cada tubería se diseña guardando relación con los reactores que trabajan al 100%, por eso el caudal no podemos dividirlo a la mitad. Por otro lado, es de vital importancia resaltar que el estado no estacionario.

- Suponemos que las velocidades típicas de los fluidos dependerán de si es gas o líquido (Arana y Barcina, 2021).

$$v_L = 1 \frac{m}{s}$$

$$v_G = 10 \frac{m}{s}$$

- Cálculo del área de la tubería (Alarcón y Lajo, 2019):

$$A = \frac{Q_m}{v \cdot \rho}$$

$$A_L = \frac{Q_{mL}}{v_L \cdot \rho_L} = \frac{25547.25 \frac{Kg}{h}}{1 \frac{m}{s} \cdot \frac{3600 s}{1h} \cdot 723.4 \frac{Kg}{m^3}} = 9.8 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$A_G = \frac{Q_{mG}}{v_G \cdot \rho_G} = \frac{6560 \frac{Kg}{h}}{10 \frac{m}{s} \cdot \frac{3600 s}{1h} \cdot 42.89 \frac{Kg}{m^3}} = 4.24 \cdot 10^{-3} m^2$$

- Cálculo del diámetro interno de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$D_L = \sqrt{\frac{4 \cdot 9.8 \cdot 10^{-3} m^2}{\pi}} = 0.11m = 4.33"$$

$$D_G = \sqrt{\frac{4 \cdot 4.24 \cdot 10^{-3} m^2}{\pi}} = 0.073m = 2.87"$$

Finalmente, los diámetros internos finales para ambas tuberías

$$D_L = 4.5" = 0.1143m$$

$$D_G = 3" = 0.0762m$$

- Una vez obtenida la velocidad se calcula el diámetro de manera típica para poder comprobar el buen diseño (Bassante y Díaz, 2019):

$$v = \frac{Q_m}{\frac{\pi}{4} D^2 \cdot \rho}$$

$$v_L = \frac{Q_{mL}}{\frac{\pi}{4} \cdot D_L^2 \cdot \rho_L} = \frac{25547,25 \frac{Kg}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{\frac{\pi}{4} \cdot 0.1142^2 m \cdot 723,4 \frac{Kg}{m^3}} = 0.956 \frac{m}{s}$$

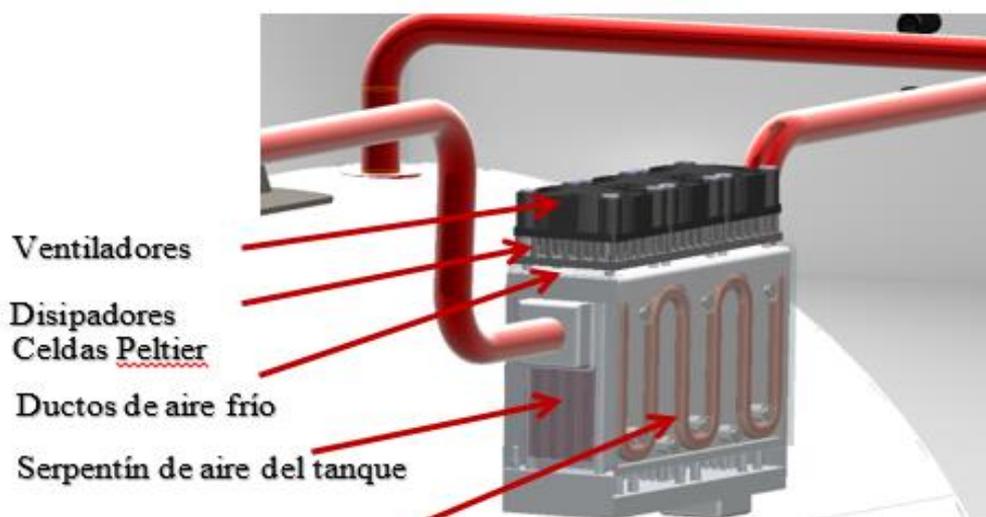
$$v_G = \frac{Q_{mG}}{\frac{\pi}{4} \cdot D_G^2 \cdot \rho_G} = \frac{6560 \frac{Kg}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{\frac{\pi}{4} \cdot 0.0762^2 m \cdot 42.89 \frac{Kg}{m^3}} = 9.31 \frac{m}{s}$$

#### 4.2.7. Sistema de condensación

Los medios o elementos que deshumidifican al aire no son más que un serpentín que se intercambia y donde poseen aletas de metal idénticas a un respiradero de calor, estos podemos ver en la figura siguiente y es ese caso en la parte superior encontramos superpuestas las celdas Peltier, tal manera que al accionar en ventilador podemos recircular por los ductos internos y hacer la transferencia de calor eliminando así el exceso de humedad o condensándola (P.K.S., 2023).

**Figura 21**

*Desumidificador*



#### 4.2.8. Cálculo de caudal condensado.

El volumen de condensación lo encontramos respetando el agua admisible del aire aspirado por este extractor y ese contenido podemos determinar por medio de la siguiente ecuación (Díaz, 2019):

$$k = \frac{60 * VL}{1000} * \left( \frac{X1 * Fr}{P1} * \frac{X2 * Fr2}{P2} \right)$$

Donde:

**K:** Volumen de condensado Litros / hora

flujo **VL:** FAD m<sup>3</sup> / min

**fr:** Humedad relativa %

**p:** Presión bar (a)

**X:** Contenido de agua a saturación en gr/m<sup>3</sup> (dependiendo de la temperatura, valor encontrado en la tabla)

$$k = \frac{60 * 10}{1000} * \left( \frac{64.848 * 0.45}{1.0} * \frac{5.953 * 1.00}{12.5} \right)$$

$$k = 17.22 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$$

Con este resultado vamos a poder comparar el volumen de agua que presenta en gr/m<sup>3</sup> en el aire a diferentes temperaturas según el porcentaje de humedad por kg de aire seco (Anexo 4.)

#### 4.2.9. Sistema eléctrico

Se representan por medio de la letra W, de tal manera que se representan por potenciales producido por la Ley de Ohm. En la ecuación siguiente podemos determinar la ecuación de ohm donde la potencia de 350w es la estimación del consumo de cada componente eléctrico y/o electrónico que se utiliza para este proyecto. Donde la obtención es de 29.16 amperios que circularían en ese conductor.

$$I_{(A)} = P_{(W)} / V_{(V)}$$

$$I_{(A)} = 350_{(W)} / 12_{(V)}$$

$$I_{(A)} = 29.16$$

**Figura 22**

*Calculadora eléctrica*

Calculadora de caída de tensión NEC/NFPA70/NTC2050	
Amperios:	29,2
Voltaje (Tension)	12 V
Fases:	DC
Distancia:	2 Metros
Calibre conductor	16 AWG
Conductores en paralelo	2
Material del conductor	Cobre
Material de la canalizacion	PVC
Resultado caída de voltaje (tension)	
Porcentaje de caída de voltaje (Tension)	
<b>7,98%</b>	
Voltaje final con carga	
11,0	Voltios
Voltios de caída de tensión	
1,0	Voltios
El NEC/NFPA70/NTC2050 recomienda una caída de tensión máxima del 3%	

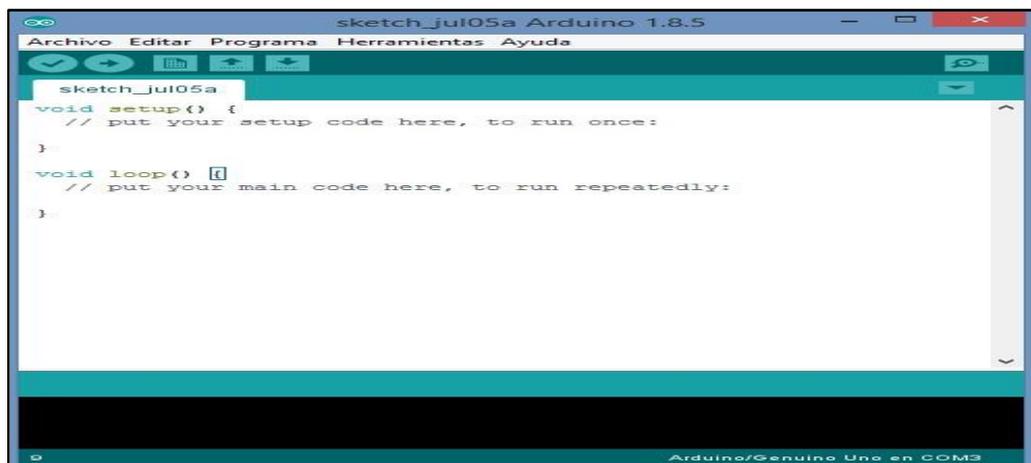
#### 4.2.10. Sistema de monitoreo y control:

##### Desarrollo de programación con Arduino.

Se muestra a continuación el ID de Arduino este software nos servirá para desarrollar la programación y el código fuente del proyecto de investigación mencionado.

**Figura 23**

*Inicio de la aplicación Arduino*

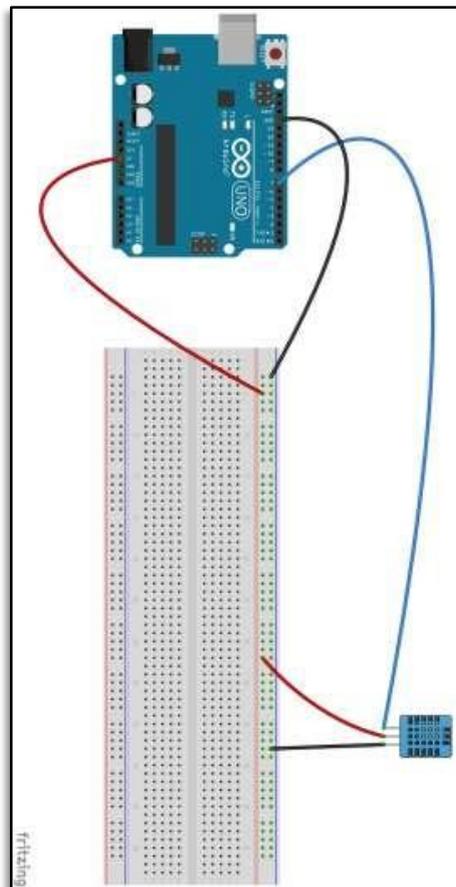


#### 4.2.11. Programación del sensor DHT11

Utilizaremos el sensor de temperatura y humedad DHT11 por ser compatible con la plataforma Arduino y por contar con librerías de programación que permitirán obtener los valores de temperatura y humedad relativa del ambiente. A continuación, mostraremos el esquema de conexión del sensor con el Arduino.

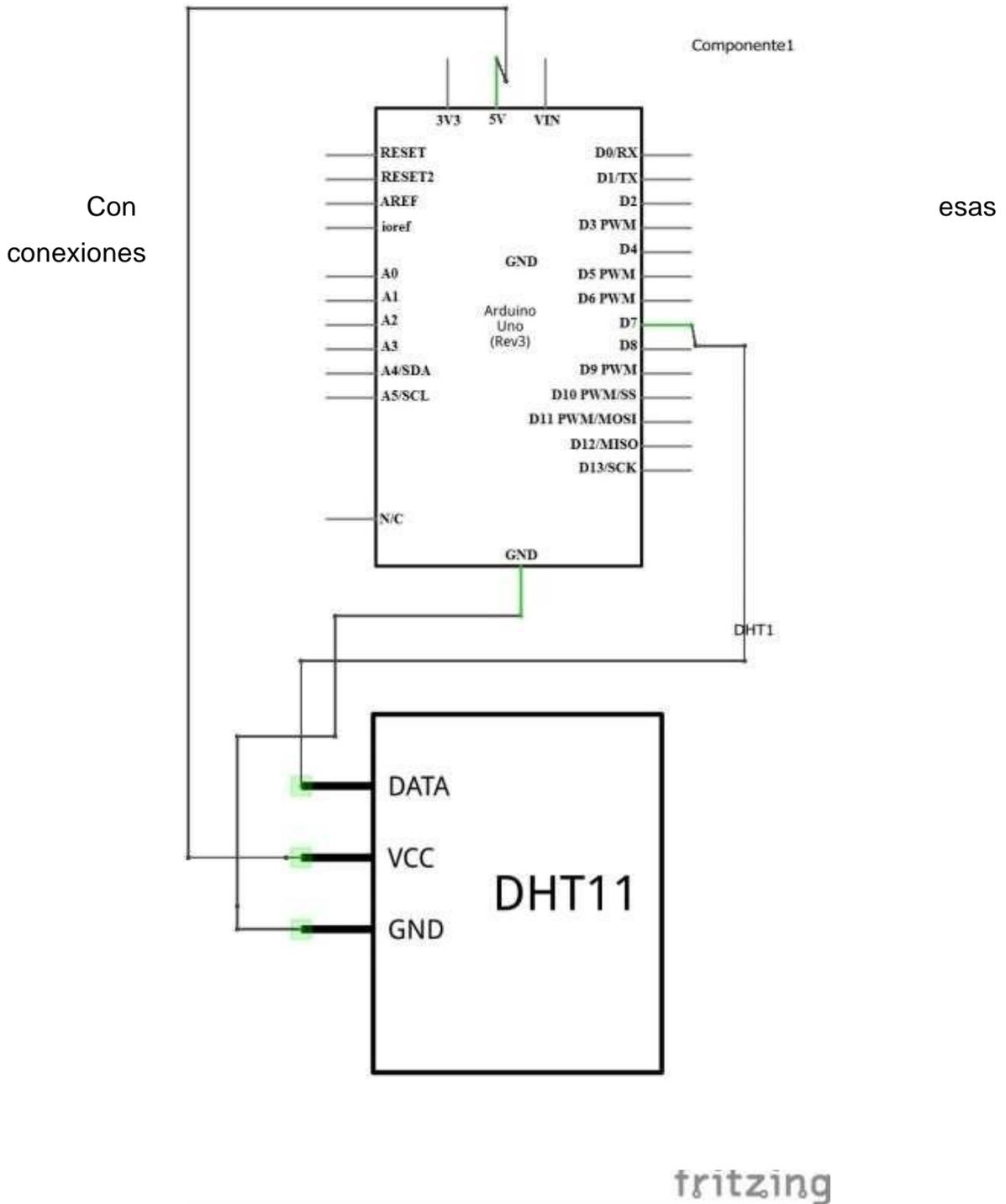
**Figura 24**

*Conexión del sensor con el Arduino*



**Figura 25**

*Diagrama de conexión del DHT11 a la tarjeta Arduino*



procederemos a programar en el ID de Arduino cada una de nuestras variables, incluyendo librerías, delay, definiendo pines de entrada y salida, y estableciendo una comunicación serial para visualizar en la pantalla o en una lcd los valores obtenidos.

```
#include <dht.h> //incluimos la libreria del sensor

dht DHT; //nombre del sensor

#define DHT11_PIN 7 //definimos que el sensor ira en el pin7 del arduino
void setup(){ Serial.begin(9600); //comunicacion de 9600 bit/seg entre el
Arduino y el sensor
}

void loop()

{

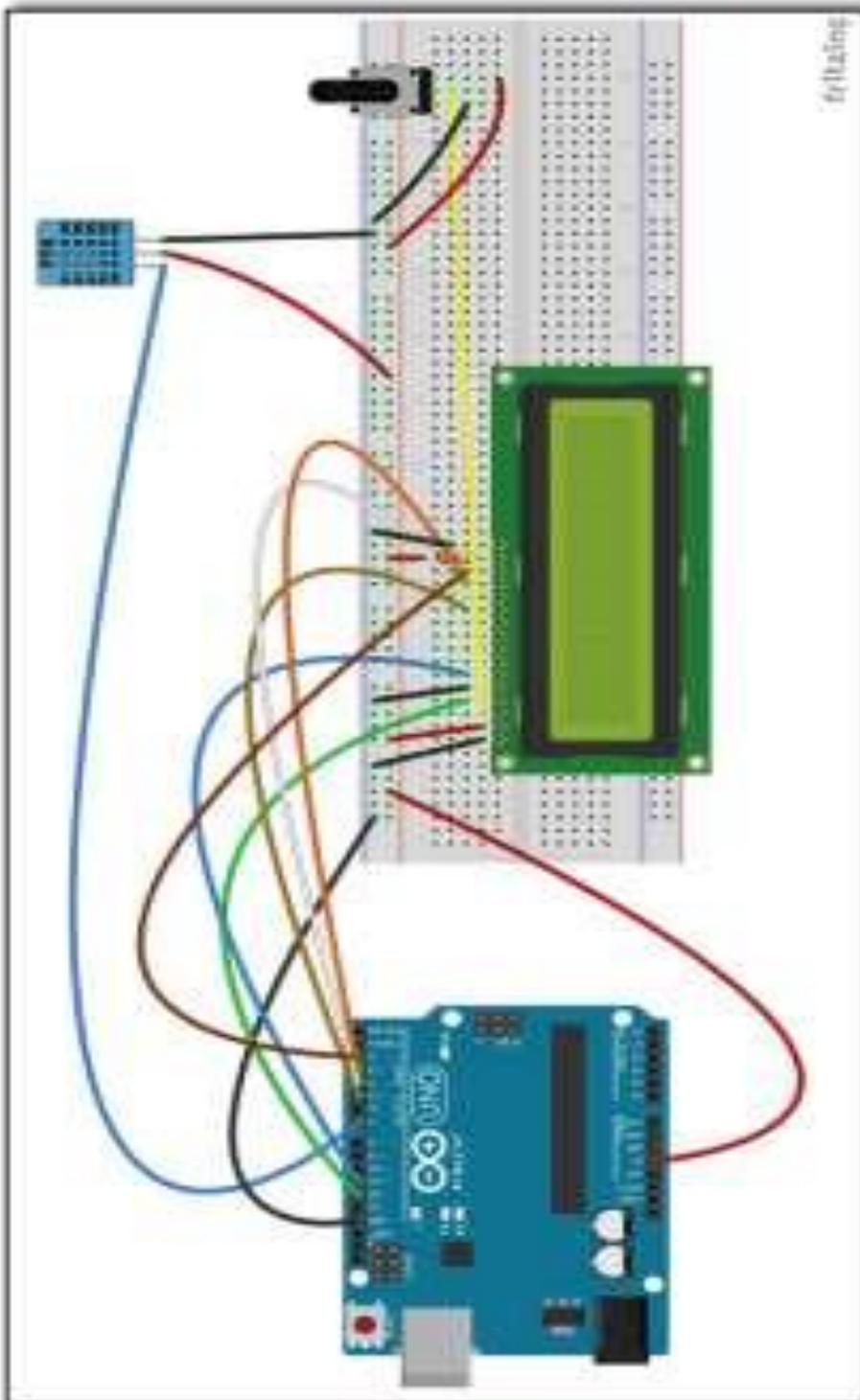
int chk = DHT.read11(DHT11_PIN); Serial.print("Temperatura = ");
//imprimimos el valor en la pantalla lcd
Serial.println(DHT.temperature); //darle un enter para continua ren el
siguiente parrafo
Serial.print("Humedad = "); //imprime el valor de la humedad
Serial.println(DHT.humidity);
delay(1000); //tomará la lectura cada 1000 milensimas de segundo
}
```

#### **4.2.12. Programación del LCD**

Podemos observar en la pantalla LCD los valores de temperatura y humedad para tener un sistema de respaldo por si haya interferencias en la app desarrollada.

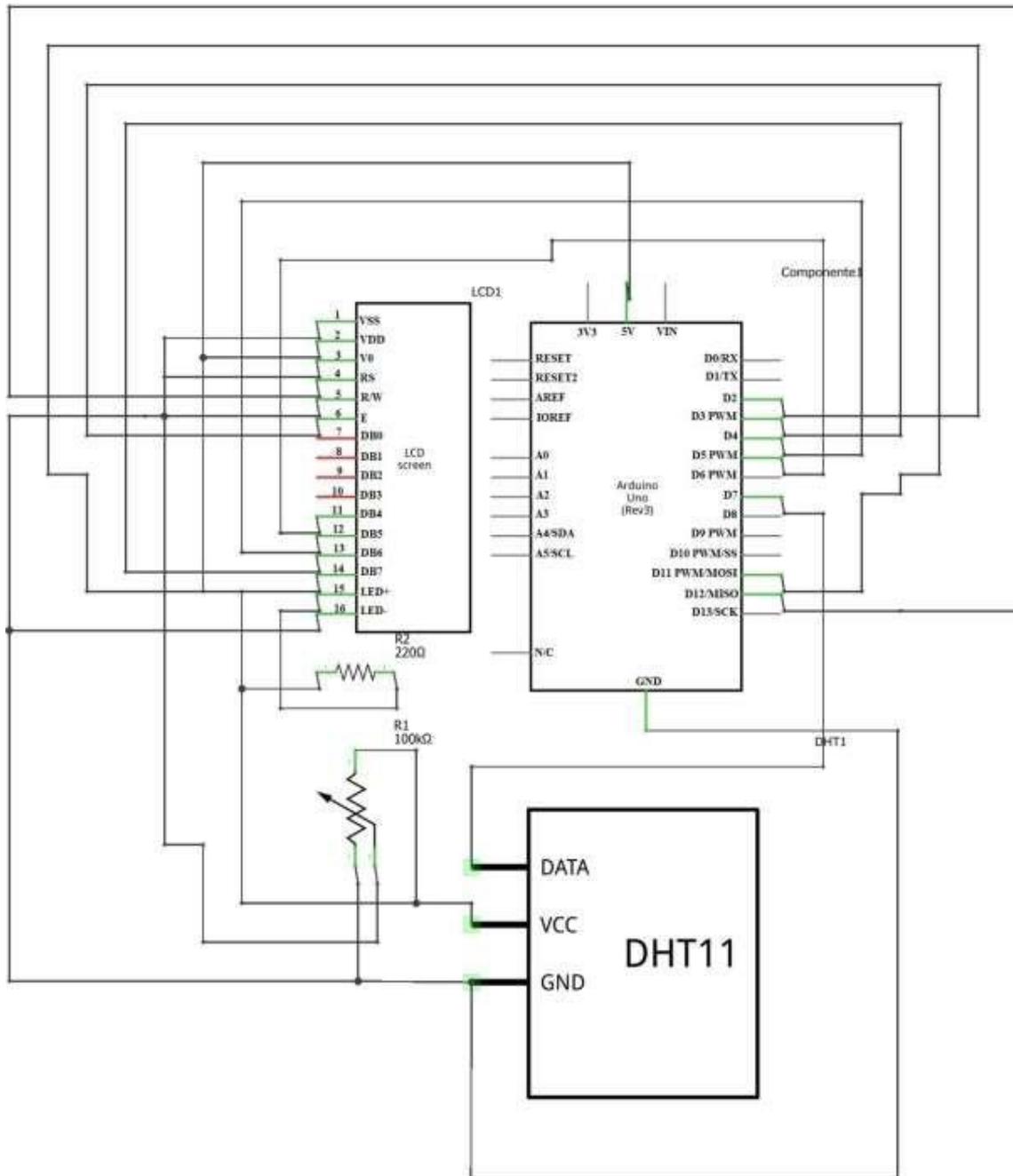
**Figura 26**

*Esquema de conexión del LCD*



**Figura 27**

*Diagrama de conexión del LCD*



fritzing

Los caracteres mostrados en la pantalla los programaremos mediante lo siguiente donde incluiremos, librerías, definiremos pines de salida y entrada, tiempo etc., según el esquema mencionado anteriormente

```
#include <dht.h>
#include <LiquidCrystal.h> // nombramos la pantalla lcd
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); // pines de conexión de la pantalla lcd
dht DHT;
#define
DHT11_PIN 7
void setup(){
  lcd.begin(16, 2);
}
void loop()
{
  int chk = DHT.read11(DHT11_PIN);
  lcd.setCursor(0,0); lcd.print("Temp: "); lcd.print(DHT.temperature);
  lcd.print((char)223); lcd.print("C"); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Humedad:");
  lcd.print(DHT.humidity); lcd.print("%");
  delay(1000);
}
```

#### **4.2.13. Desarrollo de monitoreo en app Android.**

Para este sistema desarrollamos un sistema de control basado en Android para poder monitorear los parámetros de temperatura y humedad que se registran en el sistema, esos datos se almacenaran en una DataBase directamente al drive del correo electrónico que se vincule con esta app. Con estos datos guardados en Excel podemos obtener un historial de esos datos para posteriormente hacer un análisis de los parámetros de estudio.

**Figura 28**

*Diseño de aplicativo*



```
initialize global url_formulario to " https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd8xUhk... "
```

```
when Salir .Click  
do close application
```

```
when Guardar .Click  
do  
  set Web1 .Url to join  
    get global url_formulario  
    "?entry.651839045=" +  
    txt_temperatura .Text +  
    "&entry.1208688882=" +  
    txt_humedad .Text  
  call Web1 .Get  
  set txt_temperatura .Text to  
  set txt_humedad .Text to
```

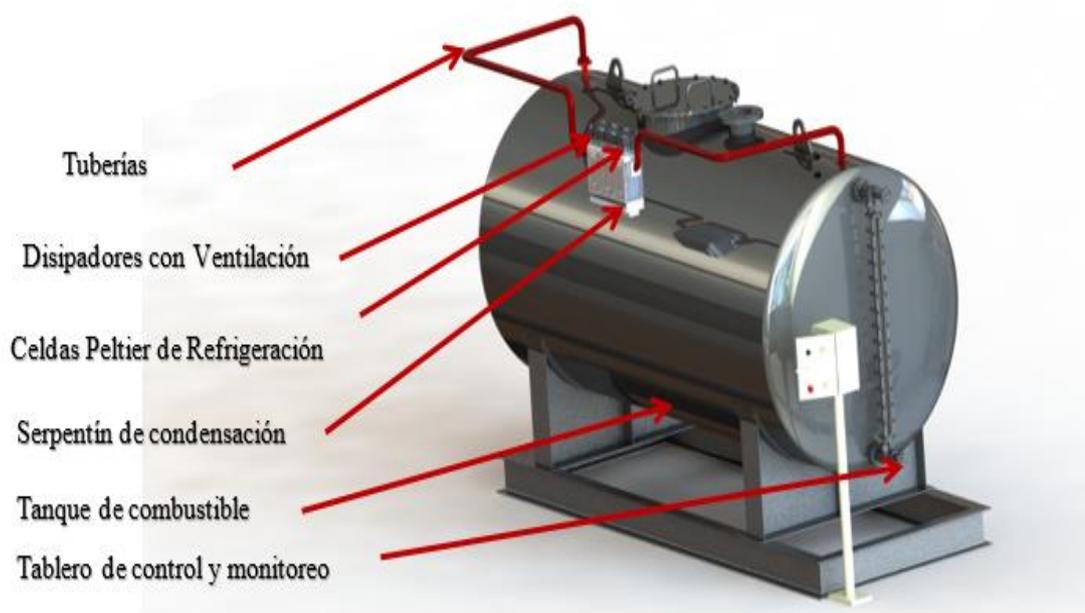
Primero se inicializa como variable global y se vincula con nuestra base de datos en Excel del Google drive. Luego simularemos el resultado de los datos de los sensores que se alojarán en comando text: txt\_temperatura Y en el txt\_humedad para luego se almacenen en la tabla Excel de nuestra base de datos para posterior estudio

#### 4.2.14. Diseño del circuito de deshumidificación

Con este proyecto planteado con anterioridad, proponemos diseñar un sistema innovador con carácter tecnológico que ayude a evacuar la humedad en tanques de combustible, esta es una solución económica y funcional que será de mucho impacto por el gran aporte que tiene con el cuidado y protección frente a este tan dañino problema que tenemos con la humedad y con todos sus efectos nocivos al tanque.

**Figura 29**

*Propuesta de diseño*



Ver anexo.

### 4.3. Seleccionar los componentes eléctricos y electrónicos propuestos.

#### 4.3.1. Arduino Uno

Seleccionamos este componente por ser de fácil abastecimiento y comercial ya que nos brinda una amplia gama de posibilidades programables para enriquecer o incorporar tecnología en nuestra investigación.

**Figura 30**

*Arduino Uno*



#### 4.3.2. Ventajas del Arduino Uno

- Es versátil y Simple
- El costo en el mercado es económico.
- Tiene la particularidad que se enchufa y se usa, no necesita elementos adicionales para empezar a programar.
- Encontramos una comunidad dedicada a dar soporte a aficionados en el mundo.
- Cuenta con librerías disponibles de código abierto.

**Tabla 9**

*Especificaciones técnicas de Arduino Uno*

Microcontrolador	ATMega
Voltaje de operación	5V
Voltaje de	7_12V
Voltaje_de_entrada (límite)	6-20V
Pines de entrada y salida digital	14 (de los cuales 6 proveen salida
Pines de entrada analógica	6
CC para pin de entrada_o_salida	40mA
Corriente directa para pin de_3.3	50mA
Memoria flash	32KB (ATMega 328)

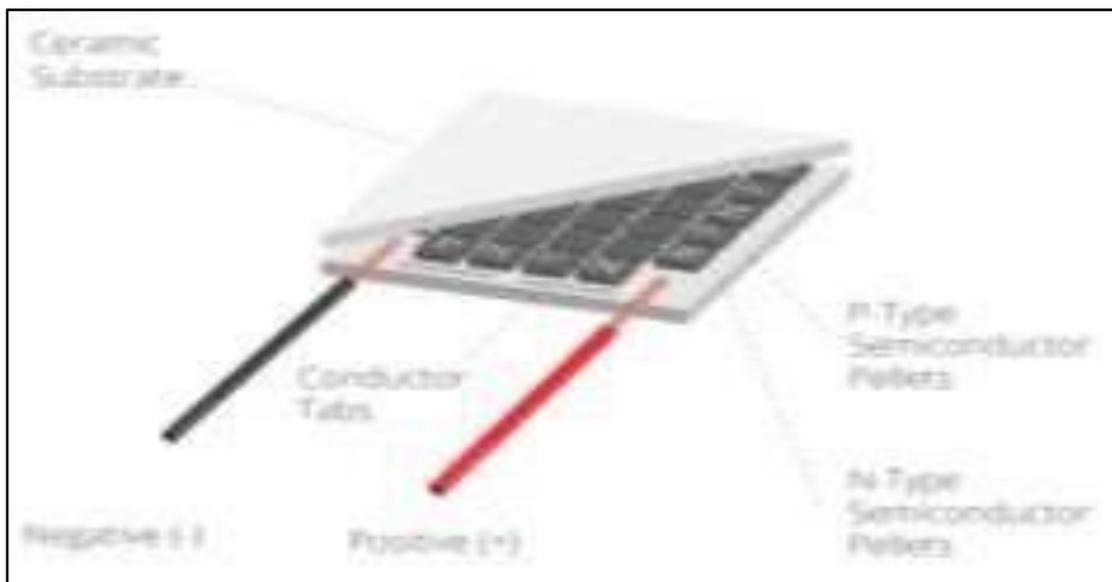
*Nota:* Tomado de Yarnold (2015)

### 4.3.3. Celda Peltier

Se seleccionó esta celda Peltier por ser de fácil acceso en el mercado nacional, encontramos una simplicidad para poder obtener un diferencial de potencial térmico en cada una de sus caras, es por ello que al colocarle corriente directa una se calentará y la otra disminuirá su temperatura, esta disminución nos ayudara para poder llegar al punto de rocío del deshumidificador.

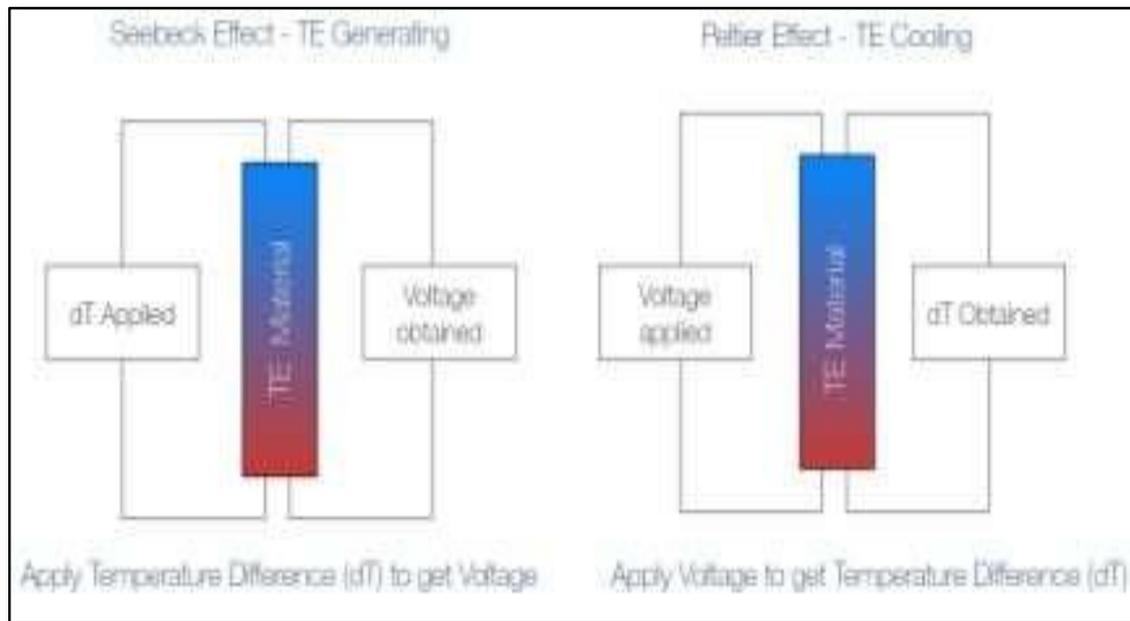
**Figura 31**

*Construcción del Peltier*



**Figura 32**

*Efecto Seebeck y Efecto Peltier*



*Nota:* Cada celda tiene una numeración que indica sus características.

**Figura 33**

*Identificación del elemento Peltier*

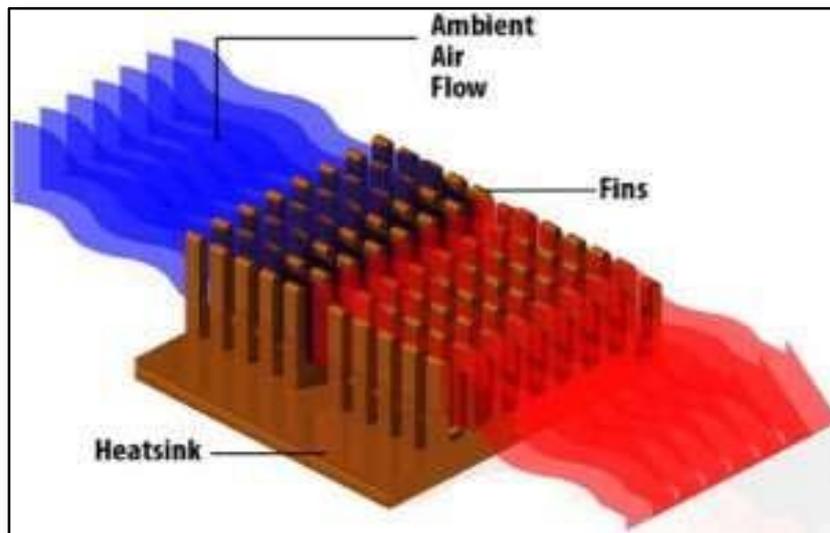


#### 4.3.4. Disipador de calor

Este componente se seleccionó para esta investigación por ser el encargado de dispersar el calor por sus celdas y liberarlas hacia el conducto seleccionado. consta de un principio basado en las leyes de Fourier y muy útil para disipar temperaturas en componentes electrónicos.

**Figura 34**

*Disipador de calor*



**Figura 35**

*Transferencia de calor en un disipador*



#### 4.3.5. Sensor DHT11

Este sensor se seleccionó porque posee un componente resistivo que por medio de la medición NTC se conecta con el microcontrolador para poder enviar la lectura binaria que será procesada por este y la presentara en la pantalla por medio serial por medio de una LCD. También cumple un rol importante su bajo costo y su simplicidad en la obtención de librerías (AOSONG, 2010).

**Figura 36**

*Sensor DHT11*



**Tabla 10**

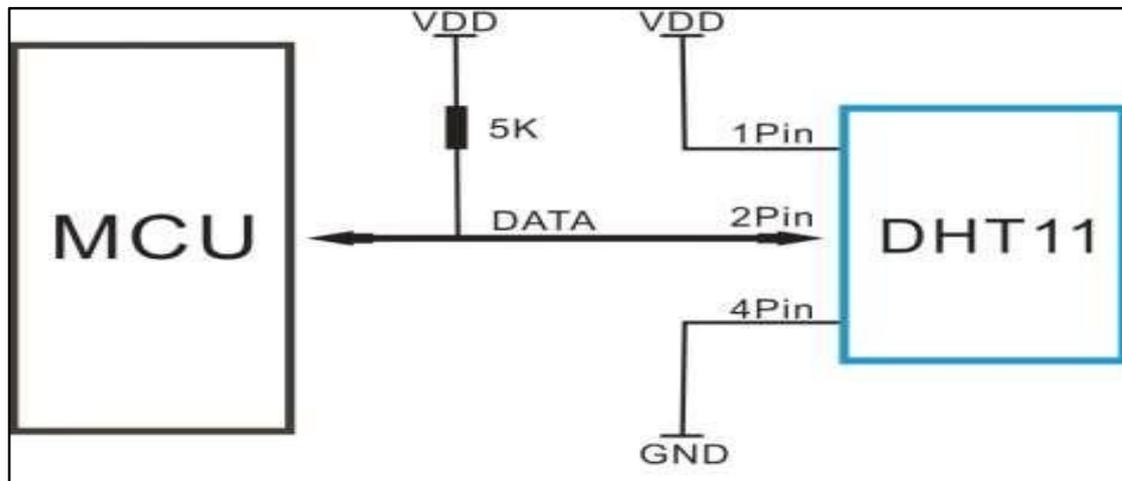
*Especificaciones técnicas del DHT11*

Parámetros	Condiciones	Mínima	Media	Máxima
Humedad				
Resolución		1%RH	1%RH 8 Bit	1%RH
Repetibilidad			±1%RH	
Precisión	25°C 0-50°C		±4%RH	±5%RH
Intercambiabilidad		Completamente intercambiable		
Rango de	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		90%RH
Estabilidad a	Típica		±1%RH/año	

*Nota:* Tomado de AOSONG (2010)

**Figura 37**

*Diagrama de conexión del Sensor DHT11*



#### **4.3.6. Pantalla LCD**

Esta pantalla Display de cristal líquido conocido como (LCD) es un elemento que reemplazo a los display de varios segmentos. Se utilizó en este circuito al igual que todos los anteriores por ser de fácil acceso, económico y si simplicidad en conexión y programación, este componente puede cubrir cualquier necesidad si en relación a la muestra de datos se desea y su tamaño es compacto y muy versátil (Ingenieriaelectronica, 2017).

**Figura 38**

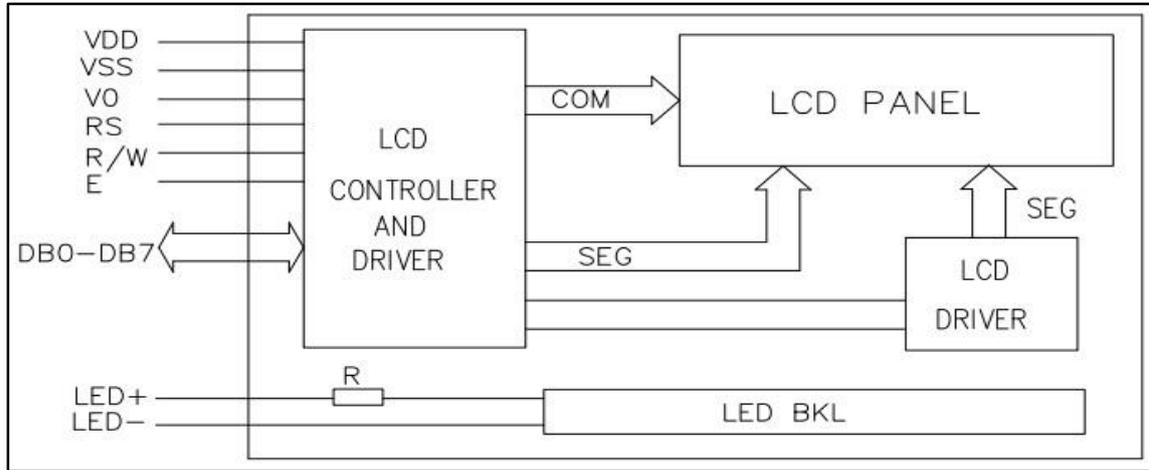
*LCD*



### 4.3.7. Diagrama del LCD

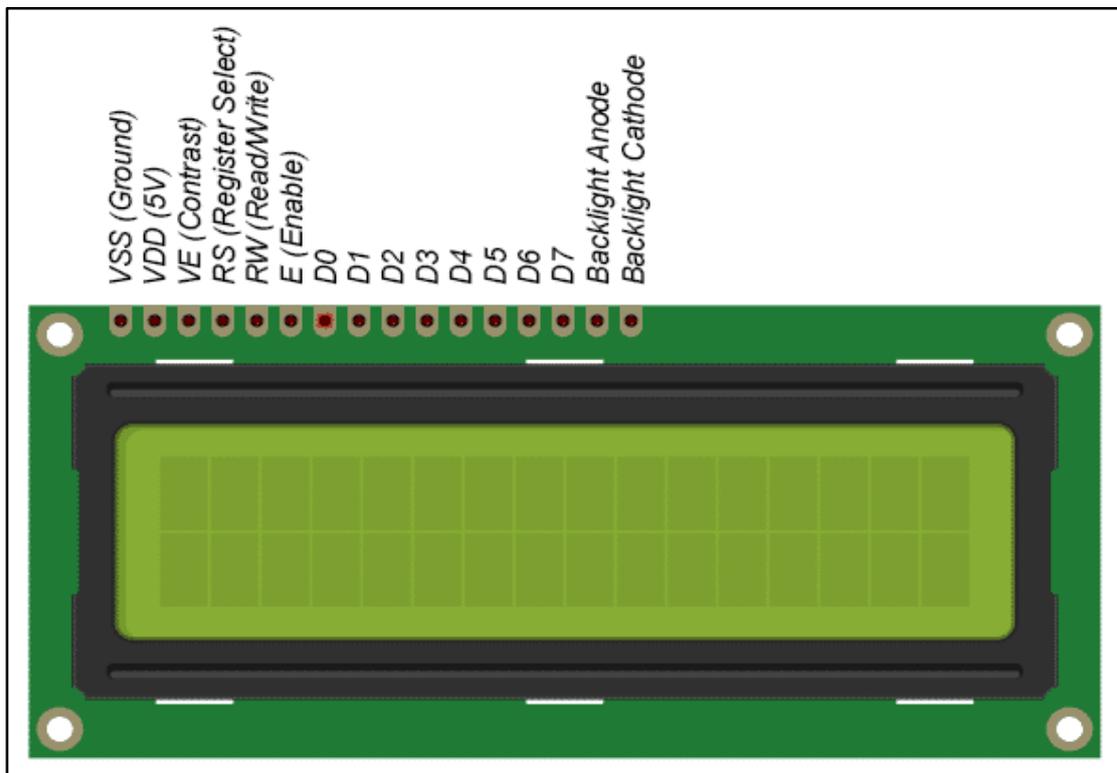
**Figura 39**

*Diagrama del LCD*



**Figura 40**

*Disposición de los pines*



**Tabla 11***Descripción de los pines del LCD*

Pin N°	Símbolo	Conexión	Función
1	VSS	externa Fuente de	Señal de tierra para
2	VDD	alimentación	LCM
3	Vo		Fuente de Ajuste de contraste
4	RS	MPU	Señal de registro
5	R/W	MPU	Señal de
6	E	MPU	Operación (lectura / escritura de datos)
7-10	DB0-DB3	MPU	Usada para transmitir datos entre
11-14	DB4-DB7	MPU	Usada para transmitir datos desde el
15	LED+	LED BKL	Fuente de
16	LED-	Suministro de poder	Fuente de

*Nota:* Tomado de XIAMEN AMOTEC DISPLAY CO. (2008)

#### **4.3.8. Selección del conductor eléctrico**

Con una corriente de operación procederemos a seleccionar el tipo de conductor libre de alógeno N2XOH.

## Figura 41

Conductor libre de alógeno N2XOH



#### 4.4 Realizar evaluación económica de la propuesta de diseño

Aquí detallaremos y tomaremos en cuenta la evaluación económica para el costo de producción, costo demanda y el costo del mercado donde nos dará como resultado si el proyecto es viable o no con ayuda de las formulas del VAN y TIR.

##### 4.4.1. Costo de producción

Hemos tomado en cuenta los materiales de los cuales hemos tenido un resultado de costo de producción en el cual detallamos y sustentamos con los costos del mercado, aquí también se dará a conocer los ingresos y egresos que se obtendrán de este proyecto y también las ganancias y pérdidas que se obtendrán.

**Tabla 12**

*Costo de producción*

Materia prima					
Ítem	Descripción	Cantidad	UM	Costo unit.	Costo total
1	Tubería redondo de 1/2 Pulgada - Galvanizado	4	unidad	120	S/ 480,00
2	Tablero de control	1	unidad	150	S/ 150,00
3	Brisdas de sujeción	4	unidad	80	S/ 320,00
4	Codos Galvanizados ½	8	unidad	12	S/ 96,00
5	Elementos de sumificados - Acero inoxidable	1	unidad	220	S/ 220,00
6	Llave de drenaje ½	1	unidad	90	S/ 90,00
1	Extractor de aire	1	unidad	280	S/ 280,00
2	Diseño de Circuito	1	unidad	145	S/ 145,00

3	Puente rectificador de diodos	1	uni d	155	S/ 155,00
4	Módulo relé	1	uni d	98	S/ 98,00
5	Transformador 12v	1	uni d	99	S/ 99,00
6	DHT11	1	uni d	19	S/ 19,00
7	Arduino Uno	1	uni d	60	S/ 60,00
8	Pantalla LCD 16 * 2	1	uni d	18	S/ 18,00
9	Potenciómetro	1	uni d	5	S/ 5,00
10	Protoboard	1	uni d	15	S/ 15,00
11	Cables Jumper	1	uni d	12	S/ 12,00
12	Resistencia 220	1	uni d	1	S/ 1,00
13	Placa de control	1	uni d	70	S/ 70,00
14	Instalación	1	uni d	230 0	S/ 2.300,00
15	Soldadura	1	uni d	170 0	S/ 1.700,00
16	Dobles	1	uni d	150 0	S/ 1.500,00
Sub-total 1: Servicio de montaje y otros					S/ 7.833,00

#### 4.4.2. Costo demanda

Dentro de esta evaluación y los análisis que se ha realizado; se llegó a determinar los costos del mercado y la definición de los materiales a utilizar ya que se han tomado en cuenta con precios justificados por cada uno de los componentes a utilizar y el presupuesto que se ha tenido en cuenta desde la

elaboración de costos de producción; según ello es que se determinó las demandas y presupuestos de algunas empresas electrónicas.

#### 4.4.3. Costo del mercado

Teniendo en cuenta el análisis anterior, llegamos a la conclusión y decisión que habiendo obtenido algunos precios del mercado electrónico sean comprados para el ensamblaje del equipo con los precios finales que mostramos anteriormente ya que es un costo considerable y apto para lo requerido. Con esos criterios antes mencionados es que se procede a la realización de los cálculos del VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retornos). Para encontrar los valores VAN y la TIR hacemos el cálculo de ingresos y egresos:

**Tabla 13**

*Cuadro de ingresos*

Ingreso trimestral					
Meses	Descripción	Costo unit.	Total		
3	Alquiler de Máquinas y herramientas	S/ 2.000,00	S/	6.000,00	
			Sub-total	S/	6.000,00

**Tabla 14**

*Cuadro de egresos*

Egreso mensual					
Meses	Descripción	Costo unit.	Total		
1	Pago al trabajador	S/ 1.500,00	S/	1.500,00	
1	Insumos	S/ 450,00	S/	450,00	
1	Mantenimiento	S/ 1.450,00	S/	1.450,00	
			Sub-total	s/	3.400,00

#### 4.4.4. Valor Actual Neto (VAN)

En el Valor Actual Neto permite determinar y calcular el número de flujos para una inversión. Para ello se debe de tener la tasa de descuentos (Tasa

Expectativa o alternativa) que es la que mide la rentabilidad del tiempo de recuperación de la inversión, costos y de las ganancias que se desea obtener.

**Tabla 15**

VAN

N°	FNE	(1+i)^	FNE/(1+i)^
0	-S/7.833,00		-S/7.833,00
1	S/2.600,00	1,10	S/2.363,64
2	S/2.600,00	1,21	S/2.148,76
3	S/2.600,00	1,33	S/1.953,42
4	S/2.600,00	1,46	S/1.775,83
5	S/2.600,00	1,61	S/1.614,40
6	S/2.600,00	1,77	S/1.467,63
7	S/2.600,00	1,95	S/1.334,21
8	S/2.600,00	2,14	S/1.212,92
		VAN	S/6.037,81

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+i)^j}$$

Donde:

$V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$n$  es el número de períodos considerado.

$k$ ,  $d$  o  $TIR$  es el tipo de interés.

#### 4.4.5. Tasa Interna de Retornos

Para el mejor cálculo de la TIR, conocimos la formula Valor Actual Neto (VAN) que obtiene los flujos de caja restando la tasa de interés obtenido, menos la inversión inicial.

**Tabla 16**

*Flujos*

Detalle	Flujo neto efectivo proyectado	Flujo de ingresos	Flujo de egresos
0	-S/7.833,00		
1	S/2.600,00	S/6.000,00	S/3.400,00
2	S/2.600,00	S/6.000,00	S/3.400,00
3	S/2.600,00	S/6.000,00	S/3.400,00
4	S/2.600,00	S/6.000,00	S/3.400,00
5	S/2.600,00	S/6.000,00	S/3.400,00
6	S/2.600,00	S/6.000,00	S/3.400,00
7	S/2.600,00	S/6.000,00	S/3.400,00
8	S/2.600,00	S/6.000,00	S/3.400,00

**Tabla 17**

*Tasa Interna de Retorno*

Tasa de descuento	VAN
0%	S/5.167,00
5%	S/8.971,35
10%	S/6.037,81
15%	S/3.834,04
20%	S/2.143,62
25%	S/822,17
TIR	29%

#### 4.4.6. Cálculo del Periodo de Recuperación de la Inversión.

Para la determinación del periodo de recuperación de la inversión, se utilizó la siguiente expresión:

$$PRI = \frac{FLUJO\ NETO\ EFECTIVO}{INVERSIÓN}$$

El flujo neto efectivo del proyecto es de 2600 Soles al mes, durante el periodo de 8 meses; por lo cual el flujo neto efectivo de todo el proyecto se determinó:

$$FNE = \frac{2600}{(1+0.1)} + \frac{2600}{(1+0.1)^2} + \frac{2600}{(1+0.1)^3} + \frac{2600}{(1+0.1)^4} + \frac{2600}{(1+0.1)^5} + \frac{2600}{(1+0.1)^6} + \frac{2600}{(1+0.1)^7} + \frac{2600}{(1+0.1)^8}$$

$$FNE = 13870.81$$

Luego se determinó el valor del  $PRI = 13870.81 / 7833 = 1.77$  Meses

## V. DISCUSIÓN

En la actualidad los tanques de combustible llevan un recubrimiento catódico, los tanques enterrados, tienen una arena aislante y están herméticamente cerrados para evitar el crecimiento microbiano y se aumenta el espesor del tanque para prolongar la vida del tanque.

Es por ello que se pretende que este proyecto se ponga en discusión el método por el cual se extrae la humedad dentro del tanque.

Los volúmenes de los tanques de gasolina, se diferencian entre el volumen total y el volumen nominal, la diferencia entre ellos es el volumen volátil, es decir el volumen que ocupa los vapores de la gasolina en la zona libre; ésta zona libre en los tanques de gasolina oscila entre el 15 y 25%, y con ello se garantiza que la presión interna dentro de los tanques no se incrementen en función al incremento de temperatura del medio en donde se encuentran las unidades móviles que transportan combustibles, desde los puertos en donde se importan el combustibles hasta las diferentes estaciones y grifos ubicado en las ciudades del norte del Perú.

Los tanques cumplen con las especificaciones determinadas por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, con la supervisión de OSINERGMIN, en el cual fueron verificados mediante las pruebas hidrostáticas que realiza la empresa fiscalizadora a fin de poder entregar la certificación DGH.

En el presente proyecto, se ha podido establecer la relación parabólica que existe entre el valor de la temperatura del aire atmosférico con la cantidad de vapor que se encuentra en el aire atmosférico, y con ello se determinó la masa de vapor que se extrae de cada compartimiento de cada uno de los tanques evaluados en la presente investigación; esto permite al momento de realizar la programación, que en función a la temperatura del medio ambiente, el cual se registra con un termómetro digital, es posible determinar la masa de vapor de agua que se condensa en el equipo deshumidificador.

Se hizo un análisis por cada compartimiento y con la información de los volúmenes que ocupan los volátiles de la gasolina, se determina la masa de vapor en función a la temperatura en el cual se encuentra el tanque de combustible; ésta masa del vapor es la que se condensa y cambia de fase, lo cual va a permitir

analizar la cantidad de calor que requiere el equipo deshumificador. Para lo cual se tiene la información de la densidad del vapor de agua contenido en el aire, a las condiciones de presión atmosférica

Se estableció la relación  $D = 0.0334T^2 - 0.334 T + 10.033$ , es decir en un rango de valores entre 10 y 40 grados centígrados, el valor de la densidad del vapor de agua varía desde 9.35 a 50.67 gramos/m<sup>3</sup>; el valor de la temperatura del aire atmosférico varía en función a la zona en donde se encuentra la unidad vehicular; el proyecto propuesto es para la zona norte del Perú, en el cual la temperatura es variable de acuerdo a la estación del año; de acuerdo al reporte del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, los valores de temperatura máxima y mínima fue de 36 y 14 grados centígrados.

La propuesta en el presente proyecto de la utilización de la tecnología de Arduino es idónea para crear prototipos de código abierto, su estructura está basada en hardware y software flexible, fácil de emplear. Esta plataforma interactúa con un entorno controlado, con acceso a varios dispositivos, como: actuadores, motores, luces, sensores entre otros (Arduino, 2021). Los proyectos que se realizan con Arduino, no requieren de habilidad en programación, ya que esta plataforma fue diseñada para gente que no tiene un conocimiento profundo en esa rama, conforme se pone en marcha un proyecto se va adquiriendo experiencia (Evans, 2011).

Arduino es una placa electrónica que está conformada por un microprocesador acoplado a un conjunto de componentes como: puertos, diodos, resistencias, capacitores. Estas placas se pueden confeccionar o adquirirlas pre ensambladas, cada versión actualizada, donde tiene un botón de reinicio para cargar el programa en el microprocesador. A continuación, se describe la placa Arduino Mega 2560, presentado algunos puertos de comunicación y componentes comunes en todas las versiones (Tapia y Manzano, 2018)

La plataforma Arduino ofrece algunas ventajas en comparación con otras plataformas de microcontroladores: Factibilidad, las placas Arduino son factibles y accesibles. Esta multi-plataforma, funciona en los sistemas operativos como, Windows, Macintosh, OXL y Linux, teniendo en cuenta que la mayoría de entorno

para microcontroladores están limitados para Windows (Díaz, 2019). Es de programación directa y sencilla, siendo fácil para los usuarios, gracias al entorno de programación processing el usuario podrá aprender a programar familiarizándose con el desarrollo de Arduino. Software de código abierto, Arduino es una plataforma de licencia libre y preparada para desarrolladores experimentados. Hardware ampliable, los usuarios o diseñadores pueden hacer su propia versión del módulo, logrando optimizarlo (Jyothish, 2013)

Contaminantes en los tanques de almacenamiento de combustibles, estos se pueden contaminar mediante diversas formas por el crecimiento microbiano, suciedad, compuestos salinos orgánicos, polímeros, óxidos, agua hasta la degradación del mismo combustible. Estos contaminantes originan depósitos en el motor, causando desgaste, así como también la obstrucción de los filtros (Coordinating Research Council, 2022).

De los contaminantes más comunes tenemos al agua, encontrándose en los sistemas de inyección, esta entra de diferentes formas, ya que se puede disolver en el combustible o suspenderse en gotas pequeñas, esto depende de la composición y la temperatura del combustible, por otro lado, si el biodiesel está en el combustible es probable que el agua repercuta de manera directa en el diésel, ya que el agua es más soluble en la mezcla de biodiesel.

La condensación siempre está presente en los tanques de almacenamiento de diésel, gracias a al aire húmedo que ingresa por los conductos de ventilación o comúnmente llamados respiraderos, al estar dentro del recinto el aire húmedo se condensa (Geankoplis, 1998).

## **VI. CONCLUSIONES**

1. En el primero objetivo se logró diagnosticar la situación actual del efecto que ocasiona la humedad en el tanque de combustible estacionarios donde se pudo identificar la contaminación por agua, por condensación, por crecimiento microbiano y corrosión, los daños que ocasiona un combustible contaminado en un motor de combustión interna, donde observamos que la corrosión se concentra en la parte superior del tanque.
2. En el segundo objetivo logramos determina los parámetros de diseño donde pudimos determinar que la temperatura del bulbo seco, determinar la temperatura ambiente, así mismo con la humedad relativa puede estar en 40 a 60 % para evitar la formación de generación de burbuja de agua.
3. Se logró seleccionar los componentes basados en Arduino por ser una plataforma de código abierto y libre, donde logramos realizar un prototipo del deshumidificador con su circuito y su programación.
4. En el último objetivo presentamos una propuesta a la empresa donde logamos analiza económicamente donde obtuvimos una tasa de retorno de 24% siendo este un proyecto bueno y llamativo para la empresa.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para hacer la instalación utilizar materiales de buena calidad, y se realice una inspección en las juntas de soldadura.
- Es de vital importancia realizar una buena cultura de mantenimiento y almacenamiento de estos combustibles ya que al no tener cuidado se puede seguir añadiendo humedad al sistema que se podría evitar.
- Al momento de hacer el conexionado de cualquier componente u otro del sistema de manera que no tenga ocurrencia en los problemas eléctricos, por ello se debe utilizar cada componente aislado y libre de alógeno evitando posibles consecuencias.
- Se puede variar la tensión en las celdas para obtener valores más bajos de temperatura pero eso está sujeto a estudio, y consideraciones de las pruebas planeadas como v2 de este proyecto de investigación.

## REFERENCIAS

- Ahrens, D. (2015). *Meteorology Today* (11 ed.). Boston, Massachusetts: Cengage Learning.
- Alarcón, G., & Lajo, D. (2019). Diseño de un controlador PID con interfaz gráfica de control para un sistema de equilibrio bi-hélice. *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology.*, 10. Retrieved from <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/StudentPapers/SP009.pdf>
- Arduino. (2021). *ARDUINO*. Retrieved from <https://www.arduino.cc/>
- Bassante, J., & Díaz, Á. (2019). *Análisis del desgaste del pulverizador y comportamiento electrónico de inyectores CRDI y bomba de alta presión CP al utilizar la mezcla combustible diesel surfactantes de agua*. Latacunga: ESPE. Retrieved from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15602/1/T-ESPEL-MAI-0647.pdf>
- Bourouni, K. (2013). Water desalination by humidification and dehumidification of air: State of the art. *Desalination Joournal*, 137, 167 -176. Retrieved from [http://dx.doi.org/10.1016/S0011-9164\(01\)00215-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0011-9164(01)00215-6)
- Coordinating Research Council. (2022). *Diesel Fuel Storage and Handling Guide*. CRC. Retrieved from <https://crcao.org/reports/recentstudies2014/CRC%20667/CRC%20667.pdf>
- Díaz, C., & Vega del Aguila, D. (2020). *Aplicativo en plataforma arduino para el control de temperatura y humedad de incubadora de huevos en la Avícola Ángeles – Cacatachi, 2020*. Tarapoto: UCV. Retrieved from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55013?show=full&locale-attribute=es>
- Díaz, Y. (2019). *Diagnóstico de sensores de humedad con arduino, para optimizar el riego adecuado en la empresa CAMPOSOL S.A - CHAO*. Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Retrieved from <file:///G:/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION/PROYECTO%20DE%20TESIS/PROYECTO%20DE%20TESIS%20CUBAS/INFORMACION/2021%20-%20%20DIAGNOSTICO%20DE%20SENSORES%20DE%20HUMEDAD%20CON%20ARDUIN,%20PARA%20OPTIMIZAR%20EL%20RIEGO%20AD ECUADO%20EN%20LA%20EMPRESA%20COMPOSOL.pdf>
- Evans, B. (2011). *Beginning Arduino programming*. Apress. Retrieved from <https://www.oreilly.com/library/view/beginning-arduino-programming/9781430237778/>

- Fernández , R., Baptista, L., & Hernández, S. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Fiestas, K. (2020). *Propuesta de Automatización del Abastecimiento de Combustible para mejorar la productividad de los Trabajadores en el Grifo Lauros II S.A.C - Sechura*. Chiclayo: UCV.
- Gatley, D. (2013). *Understanding psychometrics*. Atlanta: ASHRAE.
- Geankoplis, C. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. México D.F: Compañía Editorial Editorial.
- Glicksman, L. (2013). *Air Water Vapor Mixtures: Psychrometrics*. Retrieved from <https://ocw.mit.edu/courses/4-42j-fundamentals-of-energy-in-buildings-fall-2010/pages/readings/>
- Gómez, S. (2012). *Metodología de la Investigación*. México : RED Tercer Milenio .
- Hernández, C. (2018). *Modelamiento de un sistema de desalinización por método de humidificación - deshumidificador (HDH)*. Santiago: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Incropera, F. (2006). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Nueva York: John Wiley & Sons Inc.
- Inés Arana, M. O., & Barcina, I. (2021). *CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS QUE DEFINEN EL CRECIMIENTO BACTERIANO*. Vasco: Departamento Inmunología, Microbiología y Parasitología.
- Jones, W. (2001). *Air Conditioning Engineering*. Oxford: Elseiver Butterworth Heinemann.
- Jyothish, S. (2013). Design and implementation of fuzzy controller on embedded computer for water level control. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 51. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/261424696\\_Design\\_and\\_implementation\\_of\\_fuzzy\\_controller\\_on\\_embedded\\_computer\\_for\\_water\\_level\\_control/link/57cc3b3008ae3ac722b46de2/download](https://www.researchgate.net/publication/261424696_Design_and_implementation_of_fuzzy_controller_on_embedded_computer_for_water_level_control/link/57cc3b3008ae3ac722b46de2/download)
- Li, C.-H., Lin, Z.-J., Chang, C.-C., Rashidi, S., & Yan, W.-M. (2022). *Experimental study on performance measurement of planar vacuum membrane dehumidifier with serpentine flow channel designs*. Taiwan, Iran: Scopus. doi:10.1016/j.aej.2022.04.017
- Lopez , E. (2019). *Estudio de factibilidad de un sistema recuperador de vapores COVs para terminales y estaciones de servicio en Guayaquil*. Santiago de Guayaquil: Universidad Católica.
- López, M. (2014). *Estudio preliminar para la implementación de control PID autónomo de nivel básico en arduino para un tanque de proceso atmosférico*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Pubela. Retrieved from

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/7033/820114T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Mejía, A. (2018). *Diseño y simulación de un sistema deshumidificadores para tanques de almacenamiento de diesel*. Guayaquil: UIDE.
- Metalinspec. (2019, Junio 27). *La importancia del Control de la Humedad en la Industria*. Retrieved from <https://www.blog.metalinspec.com.mx/post/la-importancia-del-control-de-la-humedad-en-la-industria>
- Ocon, J., & Tojo, G. (1986). *Problemas de Ingeniería Química*. Madrid: Aguilar.
- Olofsson, A. (2019). *A characteristic operator function for the class of n-hypercontractions*. ScienceDirect.
- ONU. (2021). *El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible*. Naciones Unidas. Retrieved from <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>
- Osinergmin. (2020). *Reglamento de Establecimientos de Gas Licuado de Petróleo para uso Automotor-Gasocentros Decreto Supremo No 019-97-EM*. Lima: Gobierno del Perú. Retrieved from [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/CRONormas/DS-019-1997-EM.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/CRONormas/DS-019-1997-EM.pdf)
- P.K.S., T., Priyadarshi, G., & B., K. N. (2023). *Performance characteristics assessment of hollow fiber membrane-based liquid desiccant dehumidifier for drying application*. India: Scopus. doi:10.1016/j.applthermaleng.2022.119311
- Paz, B. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico DF: Grupo Editorial Patria.
- Potter, M. (1994). *Thermodynamics for Engineers* (1era ed.). Nueva York: McGraw-Hill.
- Sanillan, V. (2020). *Sistema de recuperación de vapores en los tanques de almacenamiento de gasolina para disminuir la contaminación del medio ambiente en planta - Eten*. Chiclayo: UCV.
- Tapia, H., & Manzano, H. (2018). *Evaluación de la plataforma Arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5522/1/UPS-GT000511.pdf>
- Torres, F. (2018). *Control automático de sistemas de aire acondicionado con PLC's*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Treybal, R. (1988). *Operaciones de transferencia de masa* (2da ed.). Mexico: McGraw.

- Valencia, M. (2018). *Diseño y control automático de tanque de almacenamiento de crudo de petróleo para una refinería*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- VIZCARRA, N. L., FLORES, C. R., & FLORES, N. R. (2021). *CINETICA DE CRECIMIENTO BACTERIANO*. PERU: UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN.
- Yarnold, S. (2015). *Arduino in easy steps*. Cambridge.
- Zhang, Y., Zhang, H., Yang, H., Chen, Y., & Leung, C. W. (2022). *Counter-crossflow indirect evaporative cooling-assisted liquid desiccant dehumidifier: Model development and parameter analysis*. China: Scopus. doi:10.1016/j.applthermaleng.2022.119231
- Zhao, P., Xu, W., He, W., Wang, J., & Yan, Z. (2023). *Thermo-economic analysis of a hybrid system based on combined heat - isobaric compressed air energy storage and humidification dehumidification desalination unit*. China: Scopus. doi:10.1016/j.applthermaleng.2022.119536

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición			
<p>Variable Independiente:</p> <p>Sistema deshumidificador utilizando la plataforma arduino.</p>	<p>Un sistema deshumidificador es un equipo que filtra el aire del recipiente para extraer la humedad presente en él. Diseñando la plataforma Arduino en el equipo, se logrará tener un mayor control automático, extrayendo de manera eficiente el condensado del tanque de almacenamiento de combustible (Diaz y Vega del Aguila, 2020)</p>	<p>Será medida mediante el análisis documentario y la observación. Gracias al análisis documentario, se podrá indagar en las características del equipo deshumidificador, así como también en la programación de la plataforma Arduino, como su ejecución del sistema del control.</p>	Hardware	Número de sensores	Razón			
				Capacidad de placa Arduino	Razón			
				Capacidad de microcontrolador	Razón			
						Software	Nivel de fiabilidad	Ordinal
							Nivel de funcionalidad	Ordinal

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
<p>Variable dependiente :</p> <p>Extracción del vapor de agua en tanques estacionarios de combustible Diesel en la Costa Norte del Perú.</p>	<p>Es el proceso de cambio de fase del agua, de fase vapor a líquido, que se realiza en el interior de los tanques de almacenamiento de combustible Diesel.</p>	<p>Será medida mediante el análisis documental y la observación. Gracias a la observación se tendrá un diagnóstico de las condiciones del almacenamiento del combustible en los tanques.</p>	Punto de rocío	Presión de saturación	Razón
				Flujo másico de condensado	Razón
				Temperatura	Razón
			Extractor de aire	Caudal	Razón
				Presión	Razón
				Velocidad	Razón

## Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

### Ficha de análisis documental

Datos Generales		
Investigadores	: Cubas Becerra, Santiago Alexander - Vilela Bullón, Marvin Junior	

Datos Técnicos		
Indicador	Técnica	Instrumento
	Análisis documental	Ficha de análisis documental

### Ficha de observación

Datos Generales		
Investigadores	: Cubas Becerra, Santiago Alexander - Vilela Bullón, Marvin Junior	

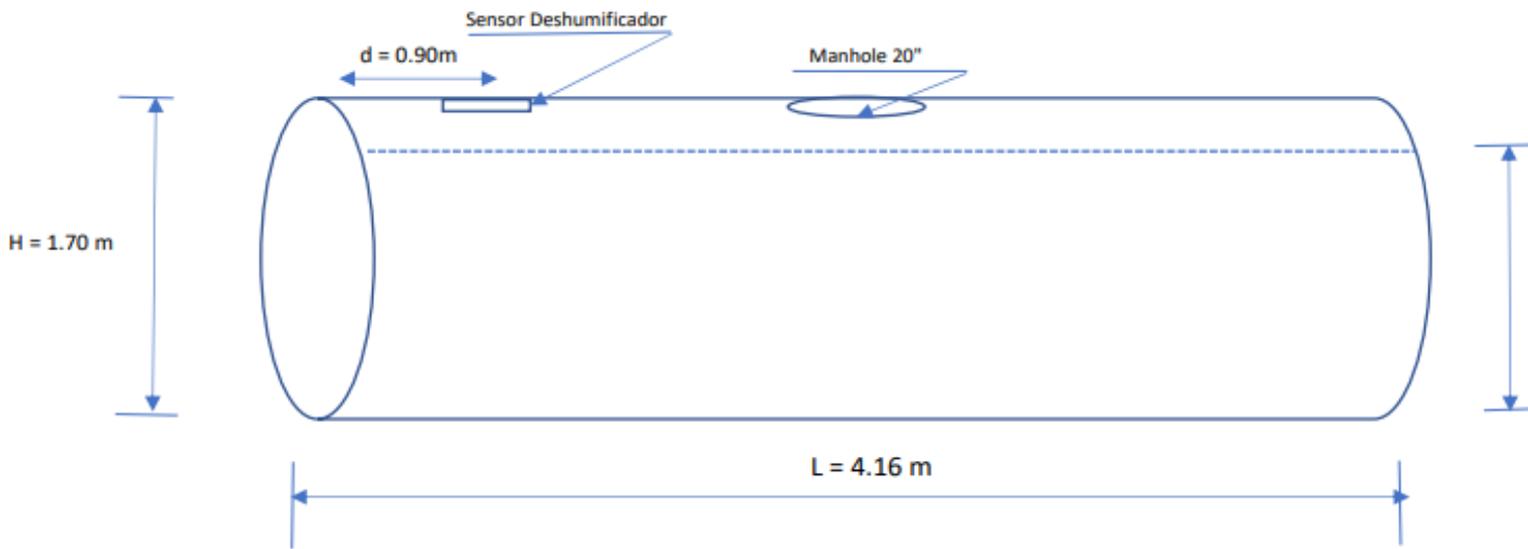
Datos Técnicos		
Indicador	Técnica	Instrumento
	Observación	Guía de observación

## Anexo 2. Validación de instrumentos de recolección de datos

<b>Nombre del instrumento</b>	Ficha de análisis documental		
<b>Objetivo del instrumento</b>	Recolectar y almacenar información para brindar mejor consistencia y valor		
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Pedro Demetrio Reyes Tassara	<b>DNI:</b>	42354107
<b>Máximo Grado Académico</b>	Mg. Ingeniero mecánico		
<b>Años de experiencia en el área</b>	5 años		
<b>Nacionalidad</b>	Peruana		
<b>Institución</b>	U.C.V.		
<b>Cargo</b>	Docente		
<b>Firma</b>	 FIRMA DEL EXPERTO CIP 88259	<b>Fecha:</b>	10/08/2022

<b>Nombre del instrumento</b>	Ficha de análisis documental		
<b>Objetivo del instrumento</b>	Recolectar y almacenar información para brindar mejor consistencia y valor		
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Víctor Hugo Peláez Chávez	<b>DNI:</b>	47026994
<b>Máximo Grado Académico</b>	Mg. Ingeniero mecánico		
<b>Años de experiencia en el área</b>	5 años		
<b>Nacionalidad</b>	Peruana		
<b>Institución</b>	Universidad nacional de Trujillo		
<b>Cargo</b>	Docente		
<b>Firma</b>	 Víctor Hugo Peláez Chávez ING. MECANICO R. CIP. N° 197130	<b>Fecha:</b>	10/08/2022

### Anexo 3. Ubicación del sensor en tanque Diesel.



**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

**ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA**

**TESIS: Diseño de un sistema deshumificador con plataforma Arduino para extraer vapor de agua en tanques es en la Costa Norte del Perú**

**Tanque: Tanque de Combustible Diesel de 2500 Galones**

**Plano: Ubicación de Deshumificador**

**Autores: Cubas Becerra, Santiago Alexander / Vilela Bullón, Marvin Junior**

**Asesor: Ing. Msc, Celada Padilla, James Skinner**

**Tabla 18**

*Contenido de agua en gr/m<sup>3</sup> en el aire a diferentes temperaturas*

Dewpoint °C	g/m <sup>3</sup>						
+ 100	588.208	+ 58	118.199	16	13.531	- 25	0.55
99	569.071	57	113.130	15	12.739	- 26	0.51
98	550.375	56	108.200	14	11.987	- 27	0.46
97	532.125	55	103.453	13	11.276	- 28	0.41
96	514.401	54	98.883	12	10.600	- 29	0.37
95	497.209	53	94.483	11	9.961	- 30	0.33
94	480.394	52	90.247	10	9.356	- 31	0.301
93	464.119	51	86.173	9	8.784	- 32	0.271
92	448.308	50	82.257	8	8.243	- 33	0.244
91	432.885	49	78.491	7	7.732	- 34	0.220
90	417.935	48	74.871	6	7.246	- 35	0.198
89	403.380	47	71.395	5	6.790	- 36	0.178
88	389.225	46	68.056	4	6.359	- 37	0.160
87	375.471	45	64.848	3	5.953	- 38	0.144
86	362.124	44	61.772	2	5.570	- 39	0.130
85	340.186	43	58.820	1	5.209	- 40	0.117
84	336.660	42	55.989	0	4.868	- 41	0.104
83	324.469	41	53.274			- 42	0.093
82	311.616	40	50.672	- 1	4.487	- 43	0.083
81	301.186	39	48.181	- 2	4.135	- 44	0.075
80	290.017	38	45.593	- 3	3.889	- 45	0.067
79	279.278	37	43.508	- 4	3.513	- 46	0.060
78	268.806	36	41.322	- 5	3.238	- 47	0.054
77	258.827	35	39.286	- 6	2.984	- 48	0.048
76	248.840	34	37.229	- 7	2.571	- 49	0.043
75	239.351	33	35.317	- 8	2.537	- 50	0.038
74	230.142	32	33.400	- 9	2.339	- 51	0.034
73	221.212	31	31.744	- 10	2.156	- 52	0.030
72	212.648	30	30.078	- 11	1.96	- 53	0.027
71	204.286	29	24.488	- 12	1.80	- 54	0.024
70	196.213	28	26.970	- 13	1.65	- 55	0.021
69	188.429	27	25.524	- 14	1.51	- 56	0.019
68	180.855	26	24.143	- 15	1.38	- 57	0.017
67	173.575	25	22.830	- 16	1.27	- 58	0.015
66	166.507	24	21.578	- 17	1.15	- 59	0.013
65	159.654	23	20.386	- 18	1.05	- 60	0.011
64	153.103	22	19.252	- 19	0.96	- 65	0.0064
63	146.771	21	18.191	- 20	0.88	- 70	0.0033
62	140.659	20	17.148	- 21	0.80	- 75	0.0013
61	134.684	19	16.172	- 22	0.73	- 80	0.0006
60	129.020	18	15.246	- 23	0.66	- 85	0.00025
59	123.495	17	14.367	- 24	0.60	- 90	0.0001

*Nota:* Porcentaje de humedad por kg de aire seco



## Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JAMES SKINNER CELADA PADILLA, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, asesor de la Tesis titulada:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DESHUMIDIFICADOR UTILIZANDO LA PLATAFORMA ARDUINO PARA EXTRAER EL VAPOR DE AGUA EN TANQUES ESTACIONARIOS DE COMBUSTIBLE DIESEL 2022”**

de los autores s Br. MARVIN JUNIOR VILELA BULLÓN y Br. SANTIAGO CUBAS BECERRA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 21 de febrero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor: CELADA PADILLA, JAMES SKINNER	
DNI 16782335	Firma 
ORCID 0000-0002-5901-2669	