

DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA SEPARACIÓN Y RECUPERACIÓN DE AGUA
AZUCARADA PARA RECIRCULACIÓN Y LAVADO BOTELLAS EN LA EMPRESA
EMBOTELLADORA CAPRI UBICADA EN CHÍA CUNDINAMARCA.

Elaborado por:

ROBERTO GONZÁLEZ JIMÉNEZ.

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO
MECATRÓNICO.

DOCENTE: OSWALDO ESTEBAN LLANOS ERASO

FACULTAD DE INGENIERIA MECATRÓNICA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

23/03/2024

Agradecimientos.

Le doy gracias a Dios y a mi familia por apoyarme en este proceso, especialmente le doy gracias a mi madre, Rocío Jiménez que con esfuerzo y dedicación me dio todo para poder lograr una meta, ser profesional. Ella es mi motor para salir adelante y cumplir todos mis sueños paso a paso.

Contenido

1. Planteamiento del problema.	12
2. Justificación	19
3. Objetivos de la investigación	24
3.1. Objetivo general:	24
3.2. Objetivos específicos.	24
4. Marco referencial.	25
4.1. Estado del arte.	25
4.1.1 Aplicación de la tecnología en la reutilización de agua en la actualidad.	26
4.1.2. Aplicaciones posibles para riego y reutilización en líneas de producción Autónoma.	27
4.1.3. Condensación de vapor.	27
4.1.4. Agua dulce de mar.	27
4.1.2. Agua potable de bolsillo.	28
4.1.3. El libro que limpia el agua.	29
4.1.4. Reciclar el agua	29
4.1.5. Tratamiento de Agua en Chía.	32
4.2. Marco teórico.	33
4.3. Marco conceptual.	35
4.4. Marco teórico para el diseño.	39
4.5. Marco legal	51
Constitución política de Colombia 1991.	51
5. Metodología de la investigación.	53
6. Recursos.	59
7. Fases del proyecto de prototipado.	61
Cronograma.	63
8. Etapa I - Inicio.	65
9. Etapa II - Planeación.	69
10. Etapa III – Ejecución.	74
11. Etapa IV – Control.	96
• Evaluación del prototipo y pruebas de los elementos mecánicos.	96
12. Etapa V – Cierre.	100

13. Etapa VI – Prototipo funcional.....103
Bibliografía110

Lista de figuras.

Ilustración 1. Inicio del proceso de producción.	13
Ilustración 2. Llenadora Crown- Máquina de llenado de Bebidas.	13
Ilustración 3. Tapado y salida de llenadora.	14
Ilustración 4. Salida de llenadora a proceso de lavado de botella externamente.	15
Ilustración 5. Lavado de botellas y problemática central del proyecto.	16
Ilustración 6. Desalinización de Agua de Mar.	28
Ilustración 7. Tubo de Lifesstraw.	28
Ilustración 8. Libro que mata Microbios del Agua.	29
Ilustración 9. Estación Autosuficiente para filtrar y purificar el Agua.	30
Ilustración 10. PTAR I DE CHÍA. (Chía., 2020).	32
Ilustración 11.- Cristalizador térmico.	34
Ilustración 12. Diagrama de flujo sintetizado del sistema automatizado. Adopción de : (Héctor, AL, 2015).	37
Ilustración 13. Método de Separación para Agua Azucarada.	43
Ilustración 14, Diagrama Básico de un Evaporador de simple efecto.	46
Ilustración 15. Resumen Metodología del proyecto de Investigación.	58
Ilustración 16. Ciclo para cambios y control del proceso	63
Ilustración 17. Plano planta Embotelladora Capri.	65
Ilustración 18. Medidas De las duchas que se utilizaban inicialmente.	66
Ilustración 19. Lavado o duchas actuales para las botellas real el cual es obsoleto.	66
Ilustración 20. Diseño para la fase de inicio, representación Idea Principal del proceso y prototipo a desarrollar.	69
Ilustración 21. Ilustración Proceso Evaporador al Vacío.	69
Ilustración 22. Corrección de diseño según elementos de elección.	71
Ilustración 23. Cilindro que funcionara como cámara de ebullición.	72
Ilustración 24. Resistencia eléctrica sumergible.	72
Ilustración 25. Bomba de Vacío de Pistón.	73
Ilustración 26. Tanque de Condensado, construcción con elementos reciclados.	73
Ilustración 27. Prueba Inicial para condensar agua.	74
Ilustración 28. Perforación y soldadura de Uniones para entrada y salidas.	75
Ilustración 29. Ajuste del tanque para evaporar agua, se agrega resistencia eléctrica sumergible.	75
Ilustración 30. Ilustración 25. Unión rápida o Racord.	76
Ilustración 31. Unión 1/2 NPT en Inox.	76
Ilustración 32. Bomba de vacío, en revisión por daño.	76
Ilustración 33. Bomba de Vacío.	77
Ilustración 34. Perforación para Instalar la resistencia eléctrica.	77
Ilustración 35. Sellado de orificio de conexión eléctrica.	78
Ilustración 36. Masilla para sello a altas temperaturas.	78
Ilustración 37. Perforación para Ingresar la resistencia eléctrica.	79

Ilustración 38. Resistencia Eléctrica sumergible para instalación.	79
Ilustración 39. Pruebas de temperatura con resistencia eléctrica y agua después de la instalación.	79
Ilustración 40. Lamina para sellar y conexión de unión 1/2" Inox.....	80
Ilustración 41. Sellado con silicona de alta temperatura y tornillos autoperforantes.	80
Ilustración 42. Máximo de Vacío alcanzado en el sistema.	81
Ilustración 43. Tanque de almacenamiento condensado.....	81
Ilustración 44. Serpentín - Intercambiador de Calor en este proyecto.	82
Ilustración 45. Ventiladores, para refrigerar el serpentín.	82
Ilustración 46. Tanque de almacenamiento de condensado.....	83
Ilustración 47. Controlador de temperatura.....	83
Ilustración 48. Tanque de evaporación, ajuste final conexiones y pintura.	84
Ilustración 49. Placa de motor bomba de vacío.....	85
Ilustración 50. PLC- FX1N de Mitsubishi	85
Ilustración 51. Conexiones internas del PLC.	86
Ilustración 52. Conexiones para la primera alimentación de la bomba de vacío.	87
Ilustración 53. Contactor y conexiones, según nomenclatura.....	87
Ilustración 54. Tipo de pulsador eléctrico.....	88
Ilustración 557. Inicio proceso de construcción.	90
Ilustración 568. Construcción tablero eléctrico.....	90
Ilustración 57. Avance construcción, instalación de elementos eléctricos.	90
Ilustración 58. Botonera para arranque del Prototipo.	91
Ilustración 59. Controlador de temperatura en Funcionamiento.	91
Ilustración 60. Cableado y ponchado de terminales para conexiones.	91
Ilustración 61. Tablero Finalizado.	92
Ilustración 62. Parámetros para el controlador.....	93
Ilustración 63. Selección tipo de comunicación.....	93
Ilustración 64. Programación Lenguaje Ladder.	94
Ilustración 65. Escritura de información en el PLC	94
Ilustración 66. Conexiones finales entre sistema mecánico y eléctrico.	95
Ilustración 67. Cámara de ebullición y condensador de agua.	95
Ilustración 68. Prototipo Final.....	96
Ilustración 69. Tablero eléctrico, pruebas de funcionamiento.....	98
Ilustración 70. Consumo total del Circuito.	99
Ilustración 71 Consumo de Amperaje línea 1.....	99
Ilustración 72. Consumo de Amperaje línea 2.	100
Ilustración 73. Todos los elementos eléctricos funcionando.....	100
Ilustración 74. Válvula Solenoide salida tanque condensado.....	101
Ilustración 75. sentido electroválvula.....	101
Ilustración 76. Válvula salida cámara de ebullición	102
Ilustración 77. Inicio de Pruebas, agregamos agua azucarada.	104
Ilustración 78. Obtenemos la temperatura adecuada para arrancar el proceso.	104

Ilustración 79. Generamos el vació adecuado al sistema. 105
Ilustración 80. Salida de Agua tratada. 106
Ilustración 81. Comparación de los tres líquidos del sistema..... 106

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación consta de información orientada hacia la solución de un problema real, que se evidencia en una empresa de bebidas alcohólicas y no alcohólicas ubicada en Chía- Cundinamarca, Embotelladora CAPRI Ltda. Directamente uno de sus procesos funciona con uso excesivo de agua potable, no tiene uso racional del agua en un proceso de lavado de botellas plásticas, que en su interior contiene bebidas carbonatadas (gaseosas).

Este proyecto busca por medio de la aplicación de la metodología de la investigación, encontrar una solución y realizar un prototipo para realizar diferentes pruebas y analizar el funcionamiento y generar una posible solución a la problemática, para reducir el consumo de agua en la compañía y también beneficiar a la sociedad inicialmente del municipio de Chía, buscando una solución que se pueda adaptar a otros procesos similares. La empresa ha realizado varios intentos para solucionar esta problemática, con diferentes opciones, pero no tuvieron ningún éxito, debido a fallas en los componentes electromecánicos utilizados en su momento.

Por lo cual surge la pregunta: ¿Se puede reutilizar y recircular agua azucarada, sin daños en componentes electromecánicos y reutilizarla en el mismo proceso industrial para alimentos?

Se pretende realizar una investigación documentada, en la cual se pueda llegar a una conclusión y respuesta, evaluada adecuadamente, con información cualitativa y cuantitativa, con observaciones válidas y demostradas, en lo posible físicamente, utilizando herramientas óptimas para llegar a una solución en el proceso a investigar.

Tomando como referencia diferentes fuentes de información, con procesos similares y varias posibilidades que se deben tener en cuenta en un proceso como este, un tratamiento de agua, en el que se pueda asegurar a una empresa de bebidas. Con observaciones, diseño, alternativas y conclusiones que dan respuesta a los objetivos principales de esta

investigación, sin duda, es una investigación que dejará observaciones importantes para procesos similares, en el tratamiento de agua, planificación de un proyecto de investigación que genera un prototipo para tener un análisis del proceso, orientado a reducir consumo de agua en las grandes industrias de alimentos, un tema bastante importante en la actualidad y que ayudará en un futuro a reducir gasto de agua a la sociedad en general.

Abstract.

This research work consists of information oriented towards the solution of a real problem, which is evident in an alcoholic and non-alcoholic beverage company located in Chía-Cundinamarca, Embotelladora CAPRI Ltda. One of its processes directly works with excessive use of water Potable, there is no rational use of water in a process of washing plastic bottles, which contain carbonated drinks (carbonated drinks) inside.

This project seeks, through the application of research methodology, to find a solution and make a prototype to carry out different tests and analyze the operation and generate a possible solution to the problem, to reduce water consumption in the company and also initially benefit the society of the municipality of Chía, looking for a solution that can be adapted to other similar processes. The company has made several attempts to solve this problem, with different options, but they were not successful, since the electromechanical components used at the time were damaged.

Therefore, the question arises: Can sugar water be reused and recirculated, without damage to electromechanical components, and reused in the same industrial process for food?

The aim is to carry out a documented investigation, in which a conclusion and response can be reached, adequately evaluated, with qualitative and quantitative information, with valid and demonstrated observations, as far as physically possible, using optimal tools to reach a solution in the process. to investigate.

Taking as reference different sources of information, with similar processes and several possibilities that must be taken into account in a process like this, a water treatment, in which a beverage company can be assured. With observations, design, alternatives and conclusions that respond to the main objectives of this research, without a doubt, it is an investigation that will leave important observations for similar processes, in water treatment, planning a research project that generates a prototype for have an analysis of

the process, aimed at reducing water consumption in large food industries, a very important issue today and that will help in the future to reduce water consumption in society in general.

Palabras clave: Separación de azúcar, recirculación de agua, destilación de mezclas, presión negativa.

Keyword: Sugar separation, water recirculation, distillation of mixtures, negative pressure.

1. Planteamiento del problema.

Actualmente entendemos que el crecimiento acelerado de la población a nivel mundial y específicamente en Colombia durante los últimos años se debe en parte, al proceso de migración, que genera desplazamientos de pobladores de las zonas rurales a las urbanas en busca de mejoras en el ingreso y en el acceso a servicios básicos, además de otras personas que han migrado de otros países por las condiciones económicas, por lo cual derivan problemas sociales, el incremento poblacional ha ocasionado un mayor consumo de agua potable y por consiguiente, un mayor volumen de aguas residuales domésticas e industriales.

En la zona de la sabana centro de Colombia, ya se han presenciado cortes de agua potable, baja presión del fluido en los hogares, agua potable sucia y contaminada, por nuevas construcciones y por la demanda que existe. Es indispensable tratar esta problemática, no sólo en los hogares, sino en empresas que también se ven afectadas con esta escasez del fluido en la industria, por este motivo, surge una problemática a tratar, de manera que se debe estudiar y revisar si se puede dar una solución, reduciendo el consumo de agua en un proceso industrial o algún medio, que ayude a optimizar este recurso.

La empresa embotelladora Capri Ltda. ubicada en Chía (Cundinamarca), cuenta con un sistema de lavado de botellas de gaseosa, el cual tiene como propósito el enjuague de la botella plástica externamente, después de que se envasa y tapa el producto líquido en el interior de la botella y es el único proceso de lavado, actualmente.

Esto debido a que, en el proceso de envasado, se derrama el producto por fuera de la botella, por el movimiento que tiene en la máquina llenadora de bebidas o por rebose o rebote, causado por el gas que contiene por ser bebidas carbonatadas.

Las bebidas carbonatadas son las bebidas no alcohólicas, no fermentadas, elaboradas por dilución de gas carbónico (CO₂) en agua purificada, lista para el consumo directo, adicionada

o no con edulcorantes, jugos de frutas, concentrados de frutas, sustancias aromatizantes, saborizantes y aditivos permitidos. (ZURITA, 2015)

El proceso de envasado de gaseosa inicia por medio de alimentación de botella plástica el cual se realiza de forma manual, siendo el personal de producción el encargado de mantener la línea de llenado y envasado.



Ilustración 1. Inicio del proceso de producción.

En el momento que las operarias de producción están preparadas, inicia el proceso de llenado de las botellas, el cual se realiza en una máquina, llenadora de bebidas Crown.

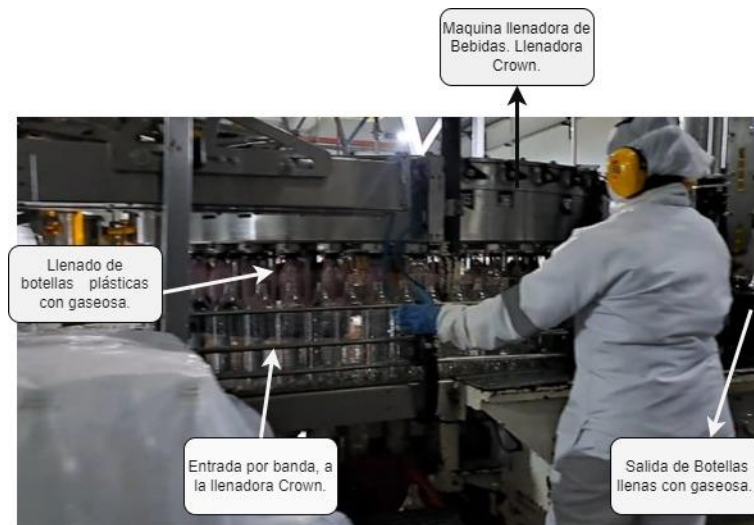


Ilustración 2. Llenadora Crown- Máquina de llenado de Bebidas.

Después de llenar las botellas, la misma máquina realiza el tapado de la botella que tiene contenido gasificado.



Ilustración 3. Tapado y salida de llenadora.

Después de la salida de la llenadora, sigue el proceso de lavado de botellas, el cual es de interés particular en este proyecto.

Actualmente el lavado de botellas se realiza de forma directa desde el suministro de agua, por lo cual tiene bastante presión, pero no se tiene un control del caudal con el que funciona, está conectado directamente por medio de tubería, inicialmente este proceso contaba con una bomba neumática para lavar las botellas, pero por contenido de azúcar, salió de servicio rápidamente debido a que se deterioraba en poco tiempo, además del alto consumo de agua, después se intentó con una bomba de agua, pero también se dañó, todos los elementos que se instalan sufren un gran desgaste y un deterioro severo.

Existe un proceso mecánico, antes del lavado de botellas, se encuentra en la máquina llenadora de bebidas. Por medio de pistones y levas, realiza el tapado de la botella.



Ilustración 4. Salida de llenadora a proceso de lavado de botella externamente.

Se deben revisar los antecedentes y encontrar la causa raíz del porqué los elementos electromecánicos tienen un periodo de vida útil tan corto.

De este modo surge una problemática en el consumo de agua, ya que existe un desperdicio de agua y gasto de energía, que afecta directamente al medio ambiente, además que debemos tener en cuenta que la planta trabaja 24 horas del día, y generalmente los 7 días de la semana, por lo cual genera un impacto considerable, afectando también la sostenibilidad de la empresa, por insumos de agua, recordando que el agua es la principal materia prima de la compañía, y se debe disminuir el consumo lo máximo posible, pero también los gastos en reparaciones de los elementos que se utilizan para el lavado.



Ilustración 5. Lavado de botellas y problemática central del proyecto.

El proceso aún es muy manual, el cual es realizado por las personas encargadas de las máquinas, por lo que en algunos momentos en los que no se necesita este lavado en el proceso, las llaves quedan abiertas, pueden durar minutos o incluso horas sin que se cierre el paso de agua, ya sea porque están ocupados en otras labores o por descuido, se debe generar conciencia también en los trabajadores, para cuidar este importante recurso hídrico. En otras operaciones diarias se utiliza agua para lubricación de bandas transportadoras de botellas plásticas, que deben ir de una máquina a otra, estas bandas transportadoras, son el medio de transporte de las botellas para cambiar de un proceso a otro, como lo es también el etiquetado de la botella. En el proceso actual, las botellas no son lavadas de la mejor manera, es decir, el lavado es un proceso deficiente.

La idea de investigación surge de una problemática vista en la empresa, que necesita ser tomada en cuenta, cuidando el medio ambiente, debido a las grandes contingencias ambientales que cada día se hacen más grande de controlar, podemos centrarnos en grandes empresas, para que sea menor el consumo de agua, aportando a la sociedad en general para que se desperdicie la menor cantidad posible, evitando así que se eleve el consumo, reduciendo y reutilizando este recurso.

Desarrollando un sistema de recirculación de agua, que también la filtre y se garantice la calidad e inocuidad del producto, impulsados por encontrar mecanismos que mejoren y ayuden a la rentabilidad, por medio de recursos tecnológicos, buscando los mejores para el proceso modernizando la industria, con aplicaciones más autónomas, que faciliten y sirvan de herramienta a la industria colombiana. Buscando e identificando el enfoque al que debemos someter la investigación, con pruebas y diseños que se adopten a la mejora continua de la empresa.

Por otro lado, la empresa al igual que muchas otras empresas encargadas de producción de bebidas, en el uso del agua, son generadoras de una gran porción de agua residual, en la que se hace necesario tratarlos, existen varias formas actualmente de realizar estos procedimientos.

En estos procesos tenemos los procesos físicos para la preparación mecánica, por ejemplo, la aireación, la sedimentación o la influencia térmica. Estos también incluyen el uso de rejillas, filtros y tamices. Los procesos biológicos, tales como el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales, la oxidación bioquímica o la digestión de fangos. Los procesos químicos tales como la neutralización, la desinfección, la floculación y la precipitación y finalmente los procesos de membrana, tales como la filtración, la ósmosis y la nanofiltración. (CRUZ, 2018)

De estos procesos mencionados anteriormente, la empresa en el momento adoptó el tratamiento de agua residual de procesos químicos, de acuerdo con información de la empresa, por lo cual a medida que se disminuye la cantidad de agua residual, también

disminuye la cantidad de elementos químicos necesarios para tratar y hacer la disposición correcta de residuos.

Es indispensable comprender que según (Villagrán et al., s/f) las plantas de tratamientos de aguas residuales y para consumo humano incluyen en su última fase de tratamiento, la desinfección del agua. Esta puede realizarse mediante diversos agentes desinfectantes tales como el cloro, el ozono, la luz ultravioleta, etc.

Sin embargo, los peligros de los gases presentes pueden ser demasiados, algunos de mayor preocupación son **metano, sulfuro de hidrógeno y oxígeno**. Además de los peligros de los tres principales gases, están los peligros que implican las sustancias químicas depuradoras, como el **amoníaco**, el **cloro**, el **dióxido de cloro** o el **ozono**, que se utilizan en la descontaminación de los desechos y las aguas residuales. Existe el potencial de que un número ilimitado de gases tóxicos o explosivos de sustancias químicas se derramen o viertan desde la base industrial al sistema de desechos de la comunidad. (Wagner, 2017)

Por ejemplo, el amoníaco se encuentra en el proceso y en caso de un derrame de este químico, el personal encargado de la PTAR (Planta de Tratamiento de Agua Residual) debe tratar el agua, por lo cual, entre menos volumen de agua, se deben manejar menor cantidad de químicos para el tratamiento de aguas residuales.

Es importante saber que el consumo de agua, debido a el tipo de industria, impacta bastante en el medio ambiente. El sector industrial de alimentación y bebidas representa un consumo anual del orden del 22% del total del agua y dentro de este sector se encuentra incluido el de las bebidas refrescantes.

Este tipo de industrias básicamente prepara y embotella las bebidas de acuerdo con protocolos de calidad muy exigentes, que conllevan un consumo de aguas de proceso y servicios elevado, además de la propia agua que contienen los productos como componente principal. (Condorchem Envitech, 2023)

Por otro lado, actualmente y aunque a lo largo de los últimos años se ha escrito y debatido mucho sobre el vertido cero de líquidos, sólo unas pocas industrias en todo el mundo han conseguido aplicar este concepto de una manera coherente. (Quesada, 2009)

Es necesario empezar a revisar este tema, debido a que no se está realizando actualmente, lo cual produce una problemática. El futuro se orienta al vertido cero, con lo que los procesos de concentración / evaporación y cristalización de residuos y sales se irán imponiendo en la medida en que la legislación medioambiental se haga más exigente y las tecnologías evolucionen. (Condorchem Envitech, 2023).

2. Justificación

Debido a la problemática que se observa en el consumo desmesurado de agua de aproximadamente 85 L/h para realizar el lavado externo de las botellas después del proceso de llenado interno con bebidas gasificadas, se debe realizar la investigación, buscando llegar a un mejor proceso, para ello se desea realizar un prototipo rápido, es decir, se pretenderá hacer un diseño electromecánico de bajo costo, con las funciones necesarias para realizar la labor de optimizar un proceso, en busca de utilizar una alternativa creativa y crear productos que ayuden a la sostenibilidad ambiental y productiva, no sólo de una empresa y de un proceso puntual, sino que además pueda ser plasmada en otros procesos y tipos de industria.

La sostenibilidad y optimización de un proceso puede llegar a mejorar el gasto y consumo de agua, además del tratamiento de aguas residuales sin la necesidad de utilizar químicos para tratar los desechos de la industria alimentaria, lo que puede contribuir a la conservación de recursos naturales, directamente hablando del **recurso hídrico**.

Este recurso hídrico es de gran importancia también para la empresa, la cual está comprometida y tiene objetivos institucionales muy directos. Embotelladora Capri LTDA en

su política ambiental la alta dirección se compromete a reducir sus impactos ambientales, reducir y aprovechar los residuos líquidos (agua) para ayudar a mitigar el impacto ambiental a reservas hídricas. (Embotelladora Capri LTDA, 2018)

Teniendo en cuenta los objetivos medioambientales de la empresa, una forma de contribuir con los mismos es buscar nuevas ideas que se pueda vincular en cualquier lugar y reducir el impacto ambiental con el uso industrial del agua. Se pretende beneficiar a la empresa y la sociedad, con una investigación y con datos cualitativos y cuantitativos, para poder determinar si existe un beneficio directo con la empresa, la sociedad y el más importante, **el medio ambiente**, en la búsqueda de soluciones para reducir gastos y consumo del recurso hídrico.

Estos beneficios se verán en el momento que se tenga el prototipo en pruebas, observando su funcionamiento y características de trabajo, debido a que se recolectará información para retroalimentación de mejoras, para la productividad y eficiencia del producto, teniendo como punto a favor un ambiente cerrado y controlado que permita una fácil manipulación de las diferentes características necesarias para realizar un buen proceso. Se hace necesario un ambiente controlado, para reducir variables y ser más puntuales en la búsqueda de la solución en función de la necesidad.

Estas variables fundamentales en proyectos con separación de mezclas, que según Urrea son importantes, tales como la capacidad de enfriamiento, de calentamiento, las dimensiones del recinto de ensayo; el formato, compacto o por paneles ensamblables; la masa sometida al tratamiento, conservación de la energía; la disipación térmica del contenido; y variables adicionales “Estos ambientes controlados resultan de gran utilidad, ya que facilitan la obtención de un producto a diferencia de ambientes no controlados” (URREA, 2019).

Por ello se debe dar una solución tecnológica, que involucre las variables pertinentes, que contemple todas las problemáticas expresadas y sea funcional para el análisis del

funcionamiento, dependiendo específicamente el sector en el cual se está pensando en instalar el prototipos, por lo cual se debe analizar el ambiente y establecer la solución creando una respuesta lo más sencilla posible y económica, ya que se intenta dar solución al déficit de adquisición de reutilización y tratamiento de aguas residuales de una empresa de bebidas (Agua Azucarada).

En otras palabras este déficit se desea tratar con este proyecto con la finalidad de reducir el consumo de agua, reutilizando, filtrando y recirculando, mediante la búsqueda de información, llevando a que el porcentaje de recuperación de agua contaminada sea lo más alta posible a diferencia del consumo y contaminación actual, para disminuir gastos en el lavado externo de botellas, con una variación y mejoras en el consumo de agua, debido a las posibles soluciones que se puedan introducir, para mejorar el proceso.

Beneficiando así a la empresa Embotelladora Capri Ltda, ubicada en Chía (Cundinamarca), aportando a la sociedad y al municipio, disminuyendo el consumo y gastos. Actualmente se observa a simple vista, que este proceso se puede mejorar, teniendo presente la conservación del medio ambiente, tomando conciencia de la importancia de reducir gastos de fuentes primarias de energía, como lo es el agua, mejorando procesos por medio de ayudas electromecánicas, involucrando así a la industria alimentaria con la formación de una universidad con principios medioambientales, con un estudiante de Ingeniería Mecatrónica, creando lazos de trabajo, lo cual fortalecerá la **investigación, desempeño profesional, relación recíproca, transferencia de conocimientos, innovación y creatividad, experiencia en el campo del diseño a una necesidad, específicamente a un diseño de un sistema para economizar agua , identificación y solución de problemas** que puede también fortalecer un amplio campo como lo es **desarrollo Económico-social, fundamentos científicos, fortalecimiento en la adquisición de conocimiento de manera autónoma, planeación lógica de proyectos** para el estudiante y futuro profesional, además de potenciar vínculos **Universidad- Empresa**, en la búsqueda de generar un impacto

medioambiental, con resultados y cambios positivos, en beneficio mutuo y a terceros, como lo es la sociedad de la sabana de Bogotá en este caso y nuestro planeta.

La sabana de Bogotá cuenta con un total de once municipios del departamento de Cundinamarca, recientemente se ha visto un crecimiento poblacional y urbano desmesurado, de igual manera se observa que estos fenómenos complejos y diversos que se han venido presentando en la sabana en donde se relacionan dos procesos dependientes entre sí, la modernización y la urbanización. Se explica que dicha urbanización de la sabana se realiza por dos medios, la sub-urbanización de áreas anteriormente rurales y el acelerado crecimiento de las cabeceras municipales, esto obedece principalmente a factores como el rebosamiento demográfico y económico de Bogotá y la presencia de actividades ecoturísticas en la sabana junto a el crecimiento de cultivos de flores. (Montañez, s/f).

Siendo Chía uno de los municipios de la sabana central, donde está ubicada la empresa y el proceso que se desea investigar, el motivo es encontrar una solución que aporte y dé beneficios a la empresa reduciendo el consumo de agua potable y vertimiento de agua residual.

Se pretende investigar para seleccionar el mejor método, donde se evalúen las diferentes causas del problema y diseñar una posible solución, haciendo pruebas del prototipo a escala o información de procesos ya creados, aportando y cuidando el ecosistema, el ambiente y el agua. Se realizarán estudios, comprobando si es factible el proyecto, haciendo una proyección por medio de una metodología investigativa, para la resolución del problema anteriormente planteado, realizando comparaciones del rendimiento y si es viable, con el cual se pretende encontrar la mejor alternativa y dar una idea a la empresa, la cual se pueda implementar, haciendo que sea lo más autónomo posible, que garantice el buen proceso y sea una herramienta base, para que la compañía tenga en cuenta, que se deben mejorar procesos, por medio de herramientas más recientes y tecnológicas, llevando a la empresa a una actualización de tecnología, gestionando recursos que ayuden a su fortalecimiento, tanto en la industria como en el mercado.

También resulta importante considerar que a medida que el consumo de agua disminuye, directamente se genera un logro para la empresa, la empresa cuenta con una PTAR (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales) donde al realizar el tratamiento de aguas residuales, se parte de unos objetivos inherentes a la protección del ambiente, los cuales van desde la protección de la ecología de un cuerpo receptor de dichas aguas como puede ser un río, una ciénaga, un lago, etc. hasta la salud de quienes habitan en torno a dicho cuerpo receptor, pasando por la reutilización del agua con fines agrícolas y urbanísticos entre otros. (Luis Ernesto Alférez Rivas, 2019)

Adicionalmente, el proceso en la PTAR, sería un poco menos complejo, debido a que se realiza de manera química, entre menos cantidad de agua ingrese a la planta de tratamiento de aguas residuales, los agentes químicos y demás operaciones, también se reducen, la disminución de desechos aporta a una sociedad en general, que puede ser utilizada, para otras actividades, como por ejemplo, la ganadería, agricultura, entre otras muchas actividades, siendo una empresa ambientalmente responsable.

En relación con la responsabilidad ambiental se generan otras obligaciones para mejorar los procesos en la empresa, como la responsabilidad empresarial, que según (Tanoira, s.f.) La responsabilidad social empresarial (RSE), puede definirse como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, generalmente con el objetivo de aumentar su situación competitiva, valorativa y su valor añadido. Va más allá del cumplimiento de las leyes y las normas, centrándose en las obligaciones que cualquier empresa debe cumplir simplemente por el hecho de realizar su actividad, lo cual es esencial para innovar como empresa y cooperar frente a la **investigación** y ejecución del desarrollo productivo.

3. Objetivos de la investigación

3.1. Objetivo general:

Desarrollar un prototipo e implementar un sistema electromecánico que facilite la recuperación de agua azucarada y reutilización del agua tratada, para economizar este recurso renovable, de la empresa embotelladora Capri Ltda.

3.2. Objetivos específicos.

- Analizar los sistemas existentes para la recuperación de agua azucarada.
- Seleccionar una solución para la recuperación de agua que va directamente a vertimiento y tratamiento en la PTAR.
- Realizar ensamble del prototipo mecánico que ayude a optimizar el proceso de recuperación de agua y lavado de botellas para reducción de consumos de agua y energía, recuperando al máximo los insumos y contribuir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- Diseñar prototipo con una interfaz sencilla que controle los elementos básicos para realizar el control adecuado del prototipo.
- Realizar pruebas y mejoras, buscando un sistema mecatrónico más eficiente.

4. Marco referencial.

Puesto que en este proyecto se pretende desarrollar e implementar una solución a un problema real en específico, se debe buscar, seleccionar y desarrollar la mejor solución para el problema que se presenta en el uso inadecuado del agua, seleccionando las mejores herramientas actuales, pero también la mayor cantidad de información relevante, que pueda aportar en la investigación y desarrollo del proyecto, sin olvidar que también se debe poner atención a información necesaria para el diseño.

4.1. Estado del arte.

La inminente necesidad de maximizar la producción sin aumentar los recursos y minimizando el impacto ambiental, demanda, tal vez de manera inexorable, dar el paso de la mecanización a la automatización, en donde la robótica tendrá un protagonismo destacado. La automatización en general y la robótica en particular son tecnologías sólidamente establecidas en los sectores manufactureros, incluido la alimentación, donde aspectos como la higiene, la reducción de los costos de producción o el aumento de la productividad, entre otros, pueden verse beneficiados con el uso de robots que realizan de manera eficiente tareas de pick & place, empaquetado, clasificación, limpieza etc. (Interempresas, 2017).

A nivel general, debido a la investigación que se está realizando, se puede evidenciar que la producción totalmente automatizada (autónoma) para producción de alimentos no está muy avanzada. Y referente a la producción en recintos cerrados, como por ejemplo las casas, apartamentos realmente no hay producción de algún producto similar orientado al objetivo que tiene este proyecto.

4.1.1 Aplicación de la tecnología en la reutilización de agua en la actualidad.

En las últimas dos décadas del siglo XX, se viene registrando una profunda crisis mundial. Es una crisis compleja, multidimensional, cuyas facetas afectan varios aspectos como la salud y el modo de vida, la calidad del medio ambiente, las relaciones sociales, coyunturas en la economía, la tecnología y la política. Es una crisis de dimensiones intelectuales, morales y espirituales; una crisis de escala y urgencia sin precedentes en toda la historia de la humanidad. El excesivo crecimiento tecnológico creó un medio ambiente en el cual la vida se volvió física y mentalmente enfermiza. Aire contaminado, ruidos irritantes, congestión de tránsito, contaminantes químicos, aguas contaminadas, riesgos por radiación y muchas otras fuentes de estrés físico y psicológico que pasaron a formar parte de la vida cotidiana de la mayoría de las personas. (Centro de Estudios Demográficos, 2015)

Con el crecimiento de la población y la escasez de recursos naturales en determinadas regiones, más que nunca, se hace necesario adoptar un planeamiento coherente de cuidado con el medio ambiente. Se sabe que la demanda creciente por el agua ha hecho que la reutilización del agua sea un tema actual y de relevancia mundial.

La reutilización reduce la demanda sobre los manantiales debido a la sustitución del agua potable por agua de menor calidad. De esa forma, grandes volúmenes de agua potable pueden ser ahorrados por la reutilización, cuando se recurre al agua de calidad inferior (generalmente efluentes post tratados) para atender las necesidades que pueden prescindir de ese recurso dentro de los patrones de potabilidad.

La tendencia de proteger tecnologías e invenciones relacionadas con el reciclaje de aguas residuales inicia en el año 2000 con tres documentos de patentes, manteniendo un promedio de cuatro invenciones por año hasta el 2009. En el 2010, se multiplica el número de textos protegidos por parte de la comunidad científica y corporaciones interesadas en documentar experiencias exitosas en esta área de estudio, como muestra de la factibilidad técnica-económica de obtener materiales con alto valor agregado a partir de un

subproducto de origen industrial o doméstico, pasando de 7 a 16 documentos, incrementando nuevamente a 36 patentes en el 2014. Un comportamiento cíclico observado en 17 años de registro y solicitudes de patentes. (Hernández, 2019).

Actualmente con ayuda de la tecnología existen diferentes mecanismos los cuales tratan de mitigar el consumo de agua en los procesos Industriales en empresas dedicadas al sector de alimentos.

4.1.2. Aplicaciones posibles para riego y reutilización en líneas de producción Autónoma.

Actualmente existen numerosas propuestas tecnológicas para expandir el acceso al agua potable, pero a menudo son caras o demasiado complejas para un uso sencillo sobre el terreno. (OpendMind BBVA, 2021). Agregamos a la investigación aquí algunas de las tecnologías e innovaciones más recientes y prometedoras.

4.1.3. Condensación de vapor.

Los destiladores solares para purificar el agua se han empleado en América desde tiempos precolombinos. La técnica es sencilla: se evapora el agua gracias a la energía solar y el vapor se condensa en una superficie para recoger el agua limpia. A este método milenario la tecnología actual está aportando soluciones que mejoran su rendimiento y eficiencia. (OpendMind BBVA, 2021)

4.1.4. Agua dulce de mar.

Una gran parte de la población mundial carece de acceso a agua potable a pesar de vivir junto a una inmensa masa oceánica. **La desalinización del agua del mar es todavía una opción de utilidad limitada:** las grandes plantas que emplean sistemas de filtración por

membranas poliméricas son costosas e ineficientes por su abundante consumo de energía. (OpendMind BBVA, 2021)

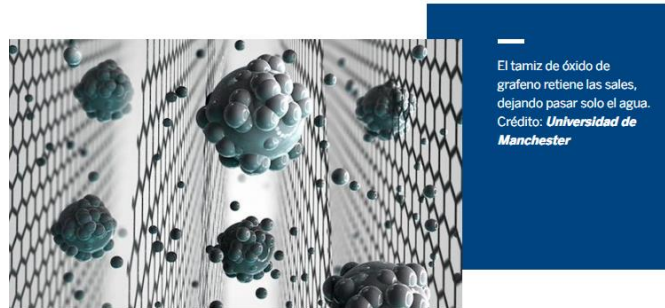


Ilustración 6. Desalinización de Agua de Mar.

4.1.2. Agua potable de bolsillo

En 2005, la compañía suiza de productos de ayuda humanitaria Vestergaard Frandsen introdujo un sencillo pero ingenioso sistema, **Lifestraw**, un tubo de plástico de 22 centímetros de longitud y 3 centímetros de diámetro que se utiliza exactamente igual que un pitillo para bebidas. Su sistema de filtración elimina protozoos y bacterias, y las versiones más recientes filtran también compuestos químicos y metales disueltos. Cada unidad puede filtrar hasta 4.000 litros de agua, suficiente para el consumo de una persona durante tres años. (OpendMind BBVA, 2021)



Ilustración 7. Tubo de Lifestraw.

4.1.3. El libro que limpia el agua

Sin duda, uno de los sistemas más originales, sencillos y prácticos para purificar el agua es el que ofrece la compañía startup **Folia Water**, fundada por la química Theresa Dankovich y su marido: un libro cuyas páginas matan los microbios del agua. El producto tiene su origen en la tesis doctoral de Dankovich, que se centró en el desarrollo de filtros de papel con nanopartículas de plata que eliminan bacterias, virus y otros patógenos. (OpendMind BBVA, 2021)



Folia Water ha probado su sistema en numerosos países de África, Asia y Latinoamérica. Crédito: **Folia Water**

Ilustración 8. Libro que mata Microbios del Agua.

4.1.4. Reciclar el agua

El ser humano genera ingentes cantidades de aguas residuales: en un país como EEUU, cada persona vierte una media de 227 litros por día por los sumideros de baños y cocinas y los desagües de electrodomésticos. En los países desarrollados estas aguas se tratan antes de devolverse a la naturaleza, pero cada vez se está poniendo mayor énfasis en que también pueden reciclarse para volver de nuevo a nuestros grifos. De hecho, no sólo la propia agua interesa; es tal la cantidad y variedad de compuestos que contiene el “agua usada”, como algunos expertos prefieren llamarla, que se busca también su recuperación para distintos usos, incluyendo la producción de energía.

En los países subdesarrollados la situación es significativamente diferente, ya que la inmensa mayoría de las aguas residuales se vierten a la naturaleza sin tratar. Hoy existen innumerables iniciativas para encontrar modos de reciclar el agua usada en varios procesos y que puedan proporcionar un suministro potable a los hogares. Un sistema actualmente

desplegado en 30 países es el Sun Spring Hybrid de Innovative Water Technologies, una estación autosuficiente alimentada por energía solar y eólica que filtra el agua para proporcionar 20.000 litros al día durante más de 10 años.



Ilustración 9. Estación Autosuficiente para filtrar y purificar el Agua.

Por otra parte, un recurso tan abundante como la luz del Sol puede utilizarse también para eliminar la contaminación microbiológica del agua contaminada, gracias a la luz ultravioleta (UV). La desinfección solar del agua (SODIS, en inglés), consistente en algo tan sencillo como exponer el agua al Sol en recipientes adecuados, es un método popularmente empleado y recomendado por la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, la radiación UV sólo representa el 4% de la energía de la luz solar. La ventaja del sistema desarrollado por el nano tecnólogo Yi Cui en la Universidad de Stanford es que aprovecha también la luz visible. Se trata de una membrana de disulfuro de molibdeno que en contacto con el agua reacciona a la luz solar produciendo peróxido de hidrógeno, un conocido antiséptico que inactiva los

patógenos presentes. El agua oxigenada después se disipa para dejar solo agua libre de gérmenes. (OpendMind BBVA, 2021)

Actualmente diferentes empresas están diseñando lavadoras para diversos sectores de alimentos, como por ejemplo JBT tiene una lavadora de cajas y botellas la cual está diseñada para lavar de forma eficiente e higiénica. El proceso implica el lavado, el filtrado y el enjuague de los contenedores. Las ventajas que ellos resaltan son diseño higiénico y eficiente. El agua se filtra y recircula para su reutilización, por lo tanto, son bastante buenos para reducir consumos de agua y colaborar con el medio ambiente en la reducción de consumo de agua. (BETELGEUX, 2020)

- Tratamiento de agua en embotelladoras de bebidas.
- Dilución de azúcar.
- CIP para lavado de botellas externo.
- Sistemas de depuración.
- Calentadores de agua.
- Evaporador de agua al vacío.

4.1.5. Tratamiento de Agua en Chía.

La planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Chía – PTAR Chía I.

La planta de tratamiento de aguas residuales PTAR Chía I, se encuentra ubicada en la parte oriental vereda Samaria sector Delicias sur, al costado norte del centro comercial Sabana Norte.

Componentes del sistema:

- Pretratamiento o tratamiento Preliminar.

El propósito de esta fase es reducir la cantidad de sólidos en suspensión que puedan ingresar al tratamiento secundario.

- Tratamiento secundario:

Laguna rectangular con una coloración verde, es decir con presencia de oxígeno disuelto y algas en simbiosis con otros microorganismos, esta laguna se caracteriza por tener una zona aerobia superior y una zona anaerobia inferior. La zona intermedia es la ZONA FACULTATIVA, predominado procesos de oxigenación aerobia y fotosintética.

- Descarga final y manejo de biosólidos

Es un canal trapezoidal en concreto con un cabezal de salida, que descarga al canal y posteriormente al río Bogotá. (Alcandía Municipal de Chía, 2020).



Ilustración 10. PTAR I DE CHÍA. (Chía., 2020)

4.2. Marco teórico.

Como referente teórico esta investigación se basa en un proyecto de TRATAMIENTO DE AGUA EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS REFRESCANTES de una empresa de Ingeniería medioambiental CONDORCHEM ENVITECH, que tiene diferentes formas de realizar tratamiento de agua, efluentes y emisiones de aire para una gran gama de actividades industriales.

El agua es un recurso esencial en muchos procesos de producción. Se trabaja para optimizar su uso de una manera responsable, promocionando tanto su reutilización mediante tecnologías de vertido cero, como su tratamiento para hacerla adecuada para el vertido en cumplimiento de la legislación vigente. (Condorchem Envitech, 2023)

En este proceso de investigación, se realizarán las pruebas y la respectiva investigación para evaluar si es viable orientar este trabajo con este referente teórico. La investigación se relaciona con un evaporador de agua industrial, que por su funcionamiento y diseño se puede adaptar ciertos componentes a la necesidad de economizar agua.

Condorchem Envitech diseña, fabrica y suministra evaporadores de agua industriales. Desde el inicio de su actividad, en 1992, esta empresa ha dedicado grandes esfuerzos y recursos en I+D+i para ofrecer los evaporadores para el tratamiento de aguas residuales más eficientes y duraderos del mercado.

Estos evaporadores industriales de agua están diseñados para operar de forma sencilla y automática, con una mínima necesidad de supervisión. Sus plantas de evaporación están construidas con materiales y componentes de alta calidad para garantizar un funcionamiento óptimo, sin interrupciones, así como una larga vida útil de los equipos.

Esta experiencia y dedicación hace que Condorchem pueda ofrecer a sus clientes plenas garantías en los sistemas de evaporación que les permitirán conseguir sus objetivos medioambientales y financieros. Invertir en este tipo de evaporadores proporciona un valor

significativo y brinda la evaporación de aguas residuales más eficiente para todos los niveles de producción. Puede ahorrar miles de dólares durante la vida útil del sistema. (Condorchem Envitech, 2023)

Esta información es muy importante debido a que ya existe referentes de tecnología utilizada como, por ejemplo, temperatura, elementos mecánicos, pero se deben integrar sistemas de riego por aspersión, y recirculación a un sistema de trabajo continuo.

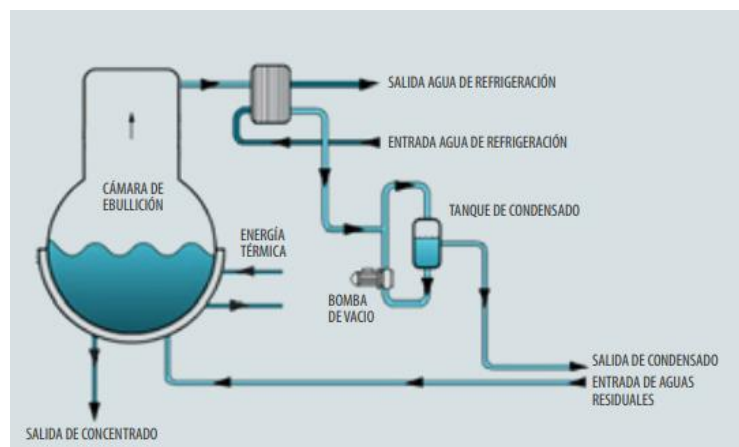


Ilustración 11.- Cristizador térmico.

Fuente: (Condorchem Envitech, 2023)

4.3. Marco conceptual.

Sistemas autónomos

En un mundo caracterizado por la impredecibilidad y el cambio constante, el éxito depende de la capacidad natural para aprender, adaptarse y pensar de forma contextual. Los sistemas industriales están adquiriendo, cada vez más, este tipo de habilidades. El sistema de automatización del pasado, en el que un conjunto limitado de instrucciones rígidas obtenía resultados óptimos sólo dentro de un conjunto restringido de límites, se está sustituyendo por sistemas autónomos, capaces de adaptarse continuamente, aprender e incluso crear sus propias reglas. Un sistema autónomo puede hacer que una máquina, una fábrica, una red o incluso toda una ciudad funcione de una manera más eficiente, fiable y segura sin control humano directo; su construcción requiere nuevas herramientas de visualización, construcción y codificación innovadoras y nuevos enfoques de previsión y gestión. En ellos influyen la digitalización y la amplia experiencia en la industria. (ABB, 2019).

Robot y sistemas de riego autónomo:

- **Software para la evaluación tecnológica de las máquinas:**

El sistema automatizado «TECEXP» determina los índices de efectividad tecnológica de las máquinas agropecuarias y forestales, según la norma NC 34-37, a partir de cronometrajes realizados a la máquina a prueba en condiciones de campo. La cual brinda los resultados de

cada turno de control, contemplando el volumen de trabajo realizado, balance de tiempo (limpio, operativo, productivo, de turno y de explotación), productividad horaria en 8 horas, gasto de combustible por unidad de trabajo realizado y en tiempo de explotación, tiempo de eliminación de desperfectos tecnológicos y técnicos, coeficiente de seguridad tecnológica y técnica, coeficiente de utilización del tiempo productivo y de explotación.

Además, ofrece un resumen de los índices primarios del turno de control, determinando la cantidad de veces que se repiten los tiempos según su código, así como el tiempo total consumido en el mismo. Por último, determina los indicadores tecnológicos generales de la evaluación de la máquina a prueba, según la cantidad de turnos de control realizada. Este programa ha sido utilizado para la evaluación de explotación tecnológica de las máquinas dispensadoras de chorro proyectado EOLO y MARTINIANI en el cultivo de los cítricos.

(Héctor, 2015)

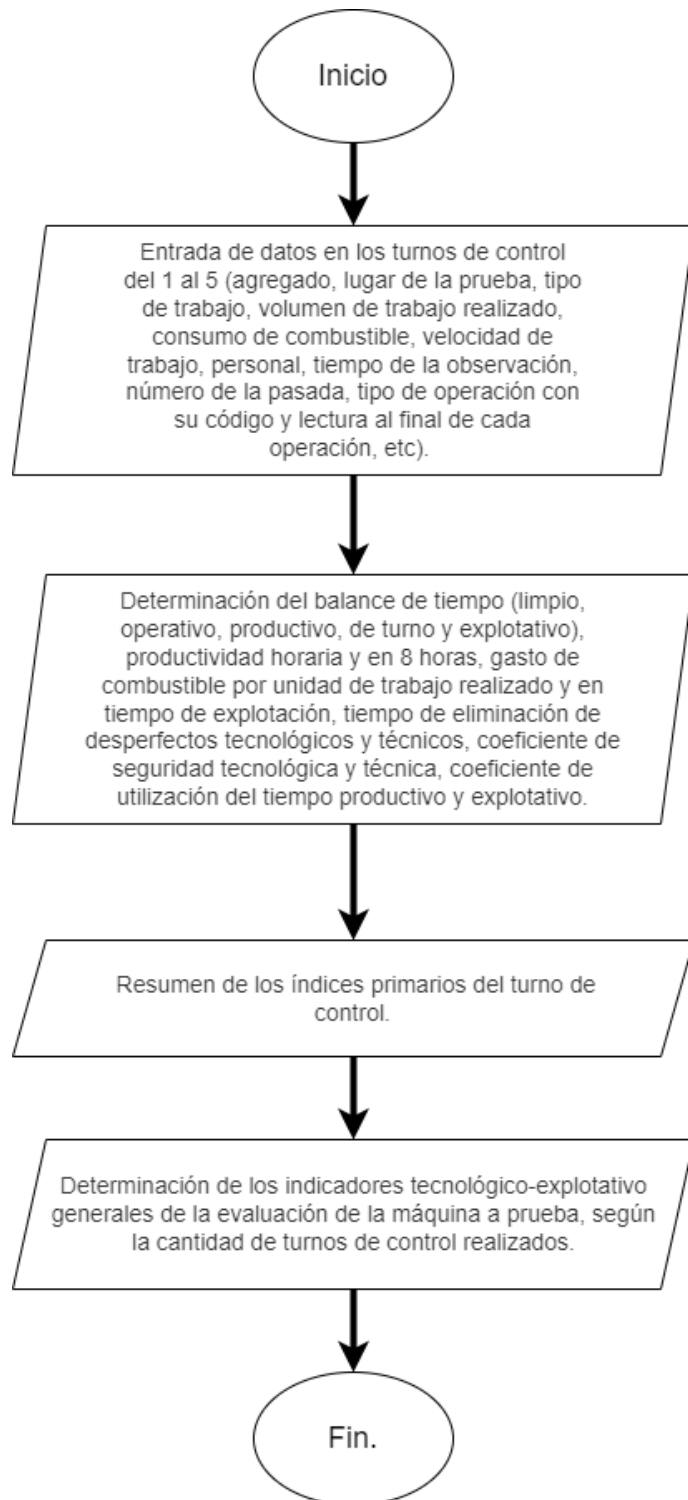


Ilustración 12. Diagrama de flujo sintetizado del sistema automatizado. Adopción de : (Héctor, AL, 2015).

- **La productividad de los procesos sube 30% con el uso de maquinaria y equipos:**

Los avances en los procesos de producción en el país, la creación de la frontera y los planes de vocación de la tierra, son factores que hacen pensar en la necesidad de tecnificar los procesos para mejorar la productividad y optimizar los costos. Para algunas de las empresas comercializadoras de maquinaria para las diferentes industrias, no es necesario ser un gran productor para lograr aprovechar los beneficios de tecnificar, pues en pequeñas empresas se pueden lograr mejoras en la productividad de hasta 30%, según el tipo de producto y la actividad que se realice. (AGRONEGOCIOS, 2023)

- **Automatización y la IA:**

La automatización y la mecanización se encuentran en un punto de inflexión, gracias a la irrupción de la inteligencia artificial (AI por sus siglas en inglés). “El termino AI se emplea cuando una máquina realiza las funciones que los humanos asocian con la mente, como el aprendizaje y la resolución de problemas. Las nuevas máquinas aprenden de su experiencia. Las aplicaciones de robótica están teniendo más atención que la inteligencia artificial, porque pueden reemplazar –por ejemplo- a cientos de cosechadores, pero la AI asistirá más allá de reemplazar tareas pesadas”, comenta Minos Athanassiadis, socio director de la empresa asesora Fresh Link Group. (Cruz, 2017)

- **Ingeniería mecatrónica:**

La Ingeniería mecatrónica puede contextualizarse como una disciplina que integra conocimientos para el desarrollo de productos y máquinas que poseen un alto grado de autonomía y funcionalidad encontrada a través de la electrónica, los sistemas inteligentes, la mecánica de precisión y el control. (Universidad Nacional de Colombia, 2023)

En este caso, la ingeniería mecatrónica está también presente en el sector agroindustrial, teniendo la oportunidad de incentivar el agro y tal vez volver este prototipo a escala industrial que puede beneficiar a muchas personas a nivel mundial.

4.4. Marco teórico.

Ley cero de la termodinámica o equilibrio térmico:

Si dos sistemas, A y B, están en equilibrio térmico entre sí, y el sistema A está en equilibrio con un tercer sistema C, luego el sistema B está en equilibrio térmico con el sistema C. (Urbina, 2021)

Primera ley de la termodinámica: ley de conservación de la energía:

La energía no se crea ni se destruye. El cambio de energía interna de un sistema es igual a la transferencia de calor desde o hacia el entorno y el trabajo realizado por o sobre el sistema.

Fórmula primera ley: $\Delta U = Q + W$

En esta expresión:

- ΔU es el cambio de la energía interna, es decir, la cantidad de energía interna en un estado final menos el estado inicial,
- Q es la cantidad de calor y
- W es la cantidad de trabajo.

Esta ley fue formulada por Rudolf Clausius (1822-1888) en 1850. (Rache, Introducción a la termodinámica estadística: fotones y fonones, Imagen de portada tomada de, s.f.)

- **Eficiencia del agua**

La Eficiencia del Uso del Agua (EUA) se puede estimar de la siguiente manera (Kosai, 2015):

$$EUA = \frac{W_c + W_p}{W_s} = \frac{W_s - W_L}{W_s}$$

Ecuación 1

$$WL = V_A N * \frac{X_{in} - X_{out}}{F}$$

Ecuación 2

W_c = Masa.

W_p = Cambio in la masa del agua.

W_s = Masa de agua suministrada.

W_L = Masa de perdida de vapor de agua.

N = Número de intercambios de aire por hora.

V_A = Volumen de aire en el cuarto.

F = Área del piso del cuarto.

X_{in} y X_{out} = Masa de vapor de agua por unidad de volumen de aire que contiene dentro y fuera del cuarto de cultivo.

- **Uso de energía eléctrica eficiente en las bombas de calor para enfriamiento.**

El uso de la eficiencia de la energía eléctrica en las bombas de calor para refrigeración (COP) se define como (Kosai, 2015):

$$COP = \frac{H_h}{A_A}$$

Ecuación 3

H_h = Energía térmica que se extraen de las bombas de calor en la sala de cultivo (aire acondicionado).

A_A = Consumo eléctrico de las bombas de calor.

Factores primarios de diseño de un evaporador al vacío

Existen elementos principales que rigen el diseño de los evaporadores tales como:

- **Transferencia de calor:**

Se considera la transferencia de calor el factor más importante en el diseño de un evaporador debido a que la superficie de calentamiento representa la mayor parte del costo de un evaporador, generalmente el costo total de un evaporador está relacionado en función de los m^2 de área de calentamiento, materiales de construcción y tipo de evaporador.

La transmisión de calor en evaporadores es expresada más comúnmente en términos de la ecuación:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Ecuación 4

De donde:

Q: Cantidad de calor transferido al evaporador (kJ/h)

U: Coeficiente global de transferencia de calor (kJ/h m² °C)

A: Área de transferencia de calor (m²)

ΔT: Diferencia útil de temperatura (°C)

El coeficiente de transmisión de calor (U) en la mayoría de los tipos de evaporadores es principalmente función de la diferencia de temperaturas ΔT.

La experiencia ha demostrado que, U depende de las propiedades de la solución, del medio de calentamiento y de la geometría de la superficie y del tipo de evaporador.

Con respecto al área de calefacción "A", es la superficie a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor medida sobre el líquido. En un evaporador ya construido el valor de este factor es fijo e independiente de las condiciones de operación.

La diferencia de temperaturas (ΔT) entre el vapor condensante y el líquido hirviente es función de los siguientes factores: Las condiciones del vapor de calefacción, la presión de la cámara de evaporación, la concentración de la disolución. (Rache, Introducción a la termodinámica estadística, 2021)

- **Separación líquido - vapor:**

Dentro del diseño de un evaporador de cualquier tipo, la separación líquido-vapor constituye en sí, una parte importante dentro de la construcción del evaporador, ya que suministra calor para que se realice la evaporación se debe recuperar o separar los vapores del líquido.

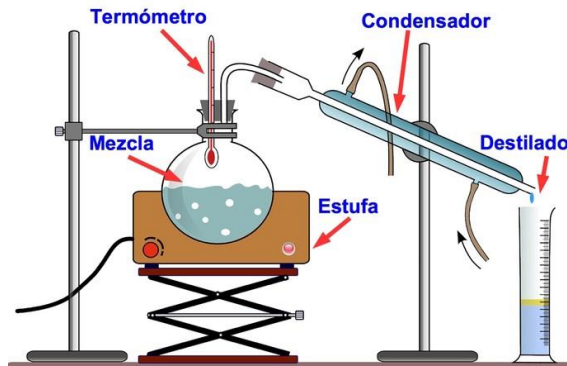


Ilustración 13. Método de Separación para Agua Azucarada.

Fuente: Destilación, separación de Mezclas, (Fernandes, 2020)

Las cámaras de separación de vapor son diseñadas para:

- Lograr máxima capacidad
- Disminuir arrastre
- Permitir la operación sanitaria del equipo.

Cuando un líquido hierve, los vapores forman burbujas en la superficie del líquido y se realiza la separación de sustancias insolubles y ligeramente volátiles de otros productos no volátiles para la separación o aislamiento de compuestos. El arrastre no es otra cosa que la salida de gotas de líquido del evaporador, debido al hecho que la velocidad del vapor es mayor que la rapidez con que se sedimentan las gotas.

La espuma implica alguna propiedad especial del líquido que se hace que se forme una masa de burbujas estables.

Si una gota es arrastrada desde la superficie de un líquido a una masa de vapor, se elevará hasta cierta altura y luego empezará a caer, teniendo fundamento esto, el aumento de la cámara de vapor situada encima de un líquido en ebullición disminuye el arrastre de las gotas mayores, pero no produce ningún efecto sobre las muy pequeñas.

- **Elevación del punto de ebullición (EPE):**

La elevación del punto de ebullición de una solución, en la cual hay presencia de un sólido disuelto, dependerá de la concentración y la presión hidrostática añadida por la altura que tenga la columna del líquido a evaporar. Dado que las dimensiones de los equipos a escala piloto son pequeñas, la elevación del punto de ebullición por presión hidrostática se considera despreciable.

Para una solución azucarada, la elevación del punto de ebullición por concentración ha sido un campo bastante explorado, existiendo nomogramas y ecuaciones de diversos autores cuyo fin ha sido lograr una mayor precisión mediante la consideración de diversas variables. Sin embargo, Hugot (1986) presenta una ecuación bastante sencilla para determinar la elevación del punto de ebullición de una sustancia azucarada pura considerando el grado brix y la presión de trabajo a la que se encuentra. El grado Brix en la empresa de Bebidas, hace referencia a la cantidad de Azúcar en la bebida, que varía de acuerdo con el sabor del producto. Dicha ecuación es la siguiente:

$$EPE = 0,025B \left(\frac{30 + B}{103,6 - B} \right) \left(1 - \frac{0,54 h}{229 - h} \right)$$

Ecuación 5

De donde:

B: Concentración másica de sacarosa

h: Vacío al cual está sometido el fluido (cm Hg)

- **Tipos de Evaporadores:**

Los evaporadores se clasifican en dos grandes grupos: de circulación natural y de circulación forzada.

A su vez los **evaporadores de circulación natural** se dividen de la siguiente manera:

- Tubos horizontales
- Tubos verticales con canasta
- Cámara de calefacción con tubos verticales
- Evaporadores con chaqueta externa

Los **evaporadores de circulación forzada** se utilizan para líquidos viscosos, para los que forman sales, y las soluciones que tienden a incrustarse. Los evaporadores de este tipo se dividen en gran variedad y se clasifica en:

- Evaporador de circulación forzada con elemento calefactor vertical
- Evaporador de circulación forzada con elemento calefactor externo, con una orientación vertical.
- Evaporadores de película descendente
- Evaporadores de película ascendente.

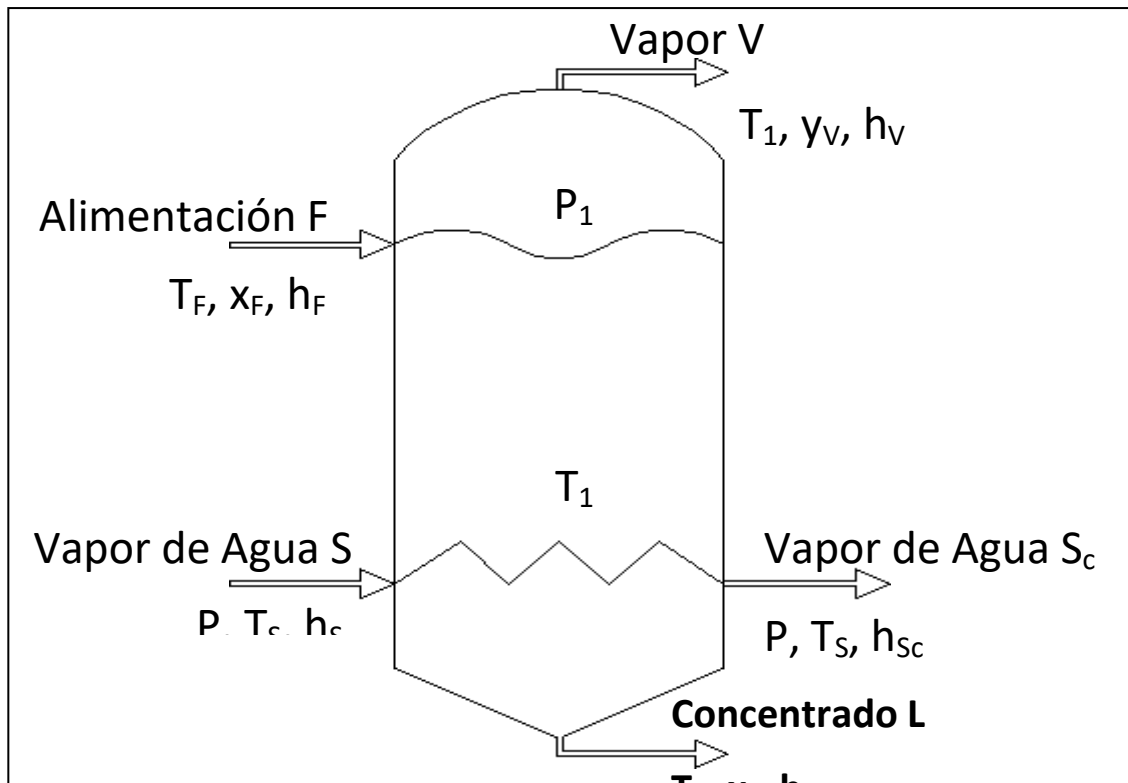


Ilustración 14, Diagrama Básico de un Evaporador de simple efecto.

Fuente: Basantes F., Montesdeoca N, Santos M.

Balance de materia:

El concepto general para todo balance de materia es “entrada menos salida igual a acumulación”, considerando esto y tomando como referencia la ilustración 5, podemos deducir que: (Herrera, 2021)

$$F + S = L + V + S_c$$

Ecuación 6

Ahora considerando que el vapor de agua que entra a la cámara de calefacción sale como vapor de agua condensado, se tiene que:

$$S = S_c$$

Ecuación 7

Por lo tanto, la ecuación 6 se puede mostrar de la siguiente manera:

$$F = L + V$$

Ecuación 8

La ecuación 8 es lo que se conoce como el balance global de materia para un evaporador de simple efecto; también podemos formar el balance de soluto, con base en las concentraciones de entrada y de salida de la solución que se evapora:

$$Fx_F = Lx_L + Vy_V$$

Ecuación 9

Al considerarse el proceso de evaporación como eficiente, podemos asumir que no habrá arrastre alguno de soluto en el vapor, entonces:

$$y_V = 0$$

Ecuación 10

Reemplazando la ecuación 10 en 9, se tiene:

$$Fx_F = Lx_L$$

Ecuación 11

De donde:

- F: Flujo de alimentación que entra al evaporador (kg/h)
- S: Vapor de agua que entra a la cámara de calefacción (kg/h)
- L: Flujo del líquido concentrado que sale del evaporador (kg/h)
- V: Vapor de la solución que sale del evaporador (kg/h)
- S_C: Vapor de agua condensado que sale de la cámara de calefacción (kg/h)
- x_F: Concentración inicial de la solución
- x_L: Concentración final de la solución

- **Balance de energía:**

Asumiendo que no existen pérdidas de calor (convección y radiación) hacia los alrededores, el balance de energía es:

$$Fh_F + Sh_S = Lh_L + Vh_V + S_C h_{S_C}$$

Ecuación 12

Reemplazando la ecuación 7, se obtiene:

$$Fh_F + S(h_S - h_{Sc}) = Lh_L + Vh_V$$

Ecuación 13

El vapor de agua que entra a la cámara de calefacción está a una temperatura T_S y una entalpía h_S , así mismo se asume que el vapor de agua condensado sale a una temperatura T_S y con una entalpía h_{Sc} , esto indica que el vapor de agua sólo transfiere su calor latente, es decir, sólo cambia de fase, pero no de temperatura, por lo tanto:

$$\lambda_S = h_S - h_{Sc}$$

Ecuación 14

Reemplazando la ecuación 14 en 13:

$$Fh_F + S\lambda_S = Lh_L + Vh_V$$

Ecuación 15

De donde:

h_F : Entalpía específica de la alimentación (kJ/kg)

λ_S : Calor latente del vapor de agua (kJ/kg)

h_L : Entalpía específica del líquido concentrado (kJ/kg)

h_V : Entalpía específica del vapor de la solución (kJ/kg)

El calor latente del vapor de agua y la entalpía del vapor de la solución pueden

determinarse de las tablas de vapor de agua, por medio de las temperaturas T_s y T_1 , respectivamente. Sin embargo, la entalpía de la alimentación y la entalpía del líquido concentrado no se conocen generalmente, pero se pueden estimar si se conocen sus calores específicos usando las siguientes fórmulas:

$$h_F = cp_F(T_F - T_{Ref})$$

Ecuación 16

$$h_L = cp_L(T_1 - T_{Ref})$$

Ecuación 17

Donde:

cp_F : Calor específico de la alimentación (kJ/kg °C)

T_F : Temperatura de entrada de la alimentación (°C)

cp_L : Calor específico del líquido concentrado (kJ/kg °C)

T_1 : Temperatura de ebullición del líquido concentrado (°C)

T_{Ref} : Temperatura de referencia, generalmente es 0 °C

- **Cantidad de calor transferido:**

En un evaporador la cantidad de calor que se transfiere a la solución a concentrar es suministrado por el vapor de agua que entra a la cámara de calefacción, y como ya se explicó anteriormente este vapor de agua sólo cambia de estado, es decir, sólo transfiere su calor latente, por lo tanto, la cantidad de calor a transferir se expresa como:

$$Q = S. \lambda_s$$

Ecuación 18

De donde:

Q: Cantidad de calor transferido al evaporador (kJ/h)

Es posible conocer también la cantidad de calor que ingresa a un aparato de evaporación, a través de la ecuación de diseño, y es la que generalmente se usa por estar en función de términos que son conocidos de antemano en un evaporador ya diseñado y probado.

$$Q = U. A. \Delta T$$

Ecuación 4

4.5. Marco legal

Siempre que esta actividad sea encaminada a mejorar la utilización y beneficio de tales productos.

Constitución política de Colombia 1991

Artículo 67 establece:

“La educación formará al colombiano en el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación, para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del medio ambiente”. (Ministerio de Educación Nacional , 2021)

Artículo 65 establece:

“La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, forestales y agroindustriales; así como también a la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras.” (Ministerio de Educación Nacional , 2021)

Artículo 79 establece:

“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.” (Ministerio de Educación Nacional , 2021)

Ley 99 de 1993:

Por la cual se da origen al Ministerio del Medio Ambiente y reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Se crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y prevé otras disposiciones que modificaron la normatividad ambiental incorporada por el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables. (Minciencias, s.f.)

5. Metodología de la investigación.

El medio ambiente y la sociedad se están viendo afectados por una problemática de disponibilidad de agua por demanda, además de diversas problemáticas como por ejemplo el calentamiento global y el crecimiento de la población. Las empresas industriales son una de las que más impactan en este sentido de consumo de agua y más una embotelladora de bebidas, cuyo principal recurso es el agua, por esto se debe investigar cada día más, la relación naturaleza- hombre, para poder ayudar y contribuir en búsqueda de mejores procesos, en los que se puedan optimizar y reutilizar los recursos, dando solución a diversos problemas ambientales que se ven reflejados en la sociedad, que se puedan utilizar en el desarrollo de pequeñas empresas hasta multinacionales lo cual beneficiaría a la sociedad en general.

El agua y la energía son inseparables, además de ser recursos vitales y como estudiantes de la Fundación Universitaria Uniagraria de Colombia, se tiene el compromiso de la responsabilidad y la sostenibilidad con los recursos.

El agua se utiliza para generar energía y la energía se utiliza para suministrar agua. La exigencia de producir más energía hace aumentar el uso del agua y viceversa. (ONU-DAES, 2014)

En este sentido si disminuye el consumo de agua en un proceso, que se puede estar realizando en varias empresas, facilitando y aportando en volver más sostenible un proceso, optimizando recursos que pueden aportar en generar o crear diferentes fuentes de energía.

Se pretende investigar y desarrollar un mecanismo el cual cumpla y adelante los objetivos por el cual motiva esta investigación debido a que puede tener un gran alcance.

Para este proyecto se optó por realizar una investigación documentada, con estudio exploratorio, descriptivo y correlacional, debido a los antecedentes a la investigación en las áreas de prototipos de recirculación de agua.

Es importante tener un enfoque de investigación, a través de la metodología cuantitativa debido a que se deben evaluar porcentajes de productividad, eficiencia, cantidad de insumos necesarios que se utilizan en el momento, pero de llevarse a cabo la implementación, los porcentajes y valores que aporta, en la reducción de gastos y consumos, para la producción de alimentos de manera individual, índice de productividad de acuerdo con los parámetros de producción de las plantas.

Además, se llevará a cabo observaciones y se evaluará la naturaleza de los diferentes resultados, permitiendo crear ideas e hipótesis de los distintos fenómenos a partir de los datos observados y demostrando si son verdaderos o falsos, para solucionar la problemática de producción de alimentos en cualquier lugar urbano desde las distintas experiencias vividas, evaluando modelos, teorías e hipótesis, centradas en el análisis de cada descripción, observación de fenómenos y los distintos datos y análisis observados, haciendo que exista una correlación de las metodologías ya mencionadas debido a la dirección, importancia y enfoque que realiza cada una, para mejorar el estudio hacia un solo camino, haciendo que finalmente sea una metodología mixta, permitiendo una mejor comprensión de los factores estudiados, porque integra las técnicas para almacenamiento e investigación de datos por medio de la observación y el análisis del contenido.

En cuanto a la búsqueda de información será relacionada con el tema referente de producción de alimentos a un alto desempeño. Para ello, este trabajo se basa en las fuentes primarias debido a que se debe realizar pruebas para llevar el estudio a cabo, para lo que se realizarán diferentes técnicas tales como la documentación de datos y análisis que brinde información para diseñar y mejorar el prototipo, con datos reales de observación experimental y no experimental e interpretar los datos obtenidos mediante un software adecuado y que arroje la información necesaria.

Adicionalmente, se cuenta con diferentes variables a tener en cuenta para el desarrollo de esta investigación las cuales se relacionan con los factores climatológicos, que son: efectos de la temperatura, humedad entre otros.

Ahora, los recursos necesarios para abordar y dar solución a la problemática a resolver son:

La elección del software para el desarrollo del prototipo, para un correcto funcionamiento del sistema, en donde se debe buscar y justificar la elección.

En un proyecto de este tipo se hace indispensable el uso y desarrollo de distintos componentes electrónicos y mecánicos, en conjunto con el software, para diseño y en dada posibilidad control del mecanismo a utilizar.

Validación de prototipo

La validación del prototipo es indispensable debido a que ayudará a comprender si realmente se puede llevar al mercado sin perder dinero en la fabricación y tiempo en todo el montaje además del tiempo. Es por eso que lo primero que verificará es tener claro el problema y se dé la mejor solución.

Para la validación de este trabajo se adoptará la tipología propuesta por (Maxwell y Stake 2006), que plantea cinco tipos de validez que se pueden relacionar con algunas etapas de la investigación:

1. **Validez descriptiva.** Se refiere a la que está relacionada con la etapa inicial de la investigación. Usualmente involucra la recopilación de datos. El resultado principal es la información que describe lo que fue observado y experimentado. Para ello es muy importante tanto la selección del lenguaje como de los datos relevantes. (Stake, 2011)

2. **Validez interpretativa.** La certeza en la interpretación es válida si los actores pueden confirmar o reconocer los descubrimientos de la investigación en particular. (Stake, 2011)

3. **Validez teórica.** La validez teórica es un análisis más abstracto que la validez descriptiva e interpretativa, relacionada con la inmediatez física y mental del fenómeno estudiado. Las construcciones y marcos teóricos de los investigadores sean teorías o metateorías conocidas, definen intrínsecamente la recopilación y la interpretación de los datos en la etapa inicial de la investigación. (Stake, 2011)

4. **Generalidad.** Este tipo de validez se refiere al grado en que la explicación es aceptada para ser generalizable. Sin embargo, es pertinente aclarar que, para algunos investigadores cualitativos, el generalizar descubrimientos, es considerado de poca importancia. (Stake, 2011)

5. **Validez evaluativa.** Se refiere a la aplicación de un marco evaluativo, que es similar en la investigación cualitativa y cuantitativa. Es pertinente aclarar que la evaluación no puede ser considerada como un comunicado conclusivo. Validar las encuestas también es indispensable para relacionar la información y los elementos correctos que serán medidos, para que sean una buena herramienta, que cumpla con los objetivos.

También es indispensable validar el diseño, que realmente sean lógicos los resultados, en donde se pueda revisar la calidad del diseño de acuerdo a distintas pruebas, utilizando instrumentos de prueba y medición, como por ejemplo un multímetro, pruebas de vibración, temperatura de los componentes en funcionamiento a condiciones normales y extremas, pruebas en el aislamiento tanto de los componentes, como del prototipo.

Y para finalizar realizar test de instrumentos teniendo presente, inspección visual, termografía (con datos simulados y reales), pruebas de resistencia y mediciones de calidad eléctrica del prototipado electrónico (tarjetas de control, entre otros). (Stake, 2011)

Análisis estadístico del prototipo.

Para el análisis estadístico, se parte de una serie de datos obtenidos por medio de encuestas, también recolectando información de producción de algunos productos, para lo que se debe organizar toda la información obtenida, basándose en gráficas por medio de tabulación, para el análisis de datos. Teniendo como referente la estadística descriptiva e inferencial, lo que permite describir o analizar el comportamiento de los datos a analizar de acuerdo a lo que se recolectó cumpliendo con la metodología de investigación, junto con pruebas de hipótesis. (Stake, 2011)

Desarrollo de la interfaz para recopilar información para producción.

- 1. Diseño del Hardware:** Son aquellos componentes físicos que están presentes en el proyecto, para realizar el prototipo, elementos necesarios e indispensables, materiales, electro mecanismos, que poseen características de fabricación y diseño apropiadas para llegar a la finalidad de este proyecto.
- 2. Software de aplicación:** Son programas orientados a automatizar actividades o asistir al usuario en la realización de sus tareas. Comprende tanto programas utilitarios de uso general, como programas a medida.

Los programas **utilitarios** como su nombre lo indica son programas que brindan una “utilidad” específica y no están diseñados para un tipo de usuario particular, pueden usarse en empresas, industrias, comercios, escuelas, etc.

Los programas a medida se desarrollan considerando los requerimientos de un usuario o institución específico. Por ejemplo, el dueño de un video o la directora de una escuela le encargan a un programador una aplicación para automatizar algunas de las actividades de la institución. Pueden ser programas relativamente fáciles de desarrollar y de aprender a usar. Sin embargo, dentro de este grupo también existen programas complejos como los que se desarrollan para un aeropuerto, un organismo de gobierno o para un banco, con fuertes restricciones de seguridad. (Universidad Nacional del Sur, s/f)



Ilustración 15. Resumen Metodología del proyecto de Investigación.

Muestra Poblacional.

En dado caso que proyecto sugiera realizar un aporte o realizar diseños para la comunidad, se de realizar un estudio de la siguiente manera. Actualmente Chía cuenta con 163,306 (DANE, 2024). Se utilizaría la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia debido a que tenemos más accesibilidad a dicho sector y también porque se acopla a la

problemática planteada en este proyecto, por deberá escoger a Chía-Cundinamarca. La cual se basará con un nivel de confianza del 90 % con un margen de error del 5 % lo que nos refleja como resultado un tamaño de muestra de 272 personas.

- 3. Circuito control Mecánico:** Circuito que permite la manipulación de una serie de acciones mecánicas como motores, interruptores, etc., los cuales pueden ser utilizados para el manejo y puesta en marcha del prototipo.

6. Recursos.

En el transcurso del proyecto se requiere una lista de materiales, equipos, personal y otros para su ejecución. Empezaremos con los recursos del personal necesario para el proyecto.

	Descripción	Justificación	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Personal	Jefe de Proyectos	Coordinación de Proyecto	20	\$ 50.000,00	\$ 1.000.000,00
	Director de tesis	Apoyo y asistencia Conceptual.	20	\$ 50.000,00	\$ 1.000.000,00
	Investigador Roberto	Desarrollo de Actividades.	20	\$ 50.000,00	\$ 1.000.000,00
	Apoyo especializado	Apoyo en el área asignada	10	\$ 50.000,00	\$ 500.000,00
	Subtotal				

En el apoyo especializado, nos referimos a personal dedicado a ciertas áreas, en las cuales no se contaba con los equipos ni experiencia en dicha labor, personal con conocimiento en el tema de trabajar con unidades de presión negativa y puedan generar ideas y aclarar dudas, ingeniero comercial, expertos en refrigeración.

Después del personal, iniciamos con los elementos necesarios para la construcción del prototipo mecánico, teniendo en cuenta que son los elementos más básicos para el funcionamiento del prototipo, debido a que se realizará un prototipado rápido, es decir, con las funciones necesarias, en las pruebas y resultados, se realizarán cambios y mejoras del prototipo.

	Descripción	Justificación	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Materiales	Resistencia eléctrica Sumergible.	Calentador para realizar el destilado.	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
	Bomba de Vacío	Presión de vacío, presión manométrica negativa.	1	\$ 502.900,00	\$ 502.900,00
	Intercambiador de calor.	Refrigeración para condensado.	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
	Electrobomba	Envío de agua a las duchas.	1	\$ 248.000,00	\$ 248.000,00
	Duchas para lavado.	Salida de agua, sobre las Botellas.	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
	Electroválvulas para agua	Control de presión y desfogue del sistema.	2	\$ 67.000,00	\$ 134.000,00
	Racord - Conector rápido.	Racord # 12 - 10 - 8, Rosca 1/2 NPT	12	\$ 8.000,00	\$ 96.000,00
	Uniones Roscadas	Unión 1/2 NPT	6	\$ 6.000,00	\$ 36.000,00
	Unión 3/8	Conexión para cámara de ebullición.	2	\$ 4.500,00	\$ 9.000,00
	Válvula selenoide para temperatura	Control de presión negativa y paso de Vapor.	1	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
	Tanque de calentamiento o cámara de ebullición	Destilación de agua azucarada.	1	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
	Manómetro de Presión Negativa.	Medida presión interna prototipo	1	\$ 87.200,00	\$ 87.200,00
	Manguera 12mm, 10mm, 8mm	Conexiones entre componentes en metros	14	\$ 6.500,00	\$ 91.000,00
	Tanque de almacenamiento o Tanque de destilado	Recuperación de vapor saturado o tanque de agua destilada	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
Teflón	Unión de Racord Rápido y unión 1/2	1	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00	
Subtotal					\$ 2.177.300,00

Para terminar con la implementación y control del prototipo, se deben realizar las conexiones eléctricas pertinentes para que funcione de una manera correcta y lo más cercana posible a un prototipo automático.

	Descripción	Justificación	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Equipos y componentes eléctricos	Computador	Análisis y programación del Prototipo	1	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
	Software y licencia (GX - Works 2) Mitsubishi	Diseño y simulación de la programación	4	n/a	\$ 1.800.000,00
	Software y licencia (EPLAN)	Diseño eléctrico.	3	n/a	\$ 1.400.000,00
	Controlador Lógico Programable. (PLC)	Encargado de realizar las funciones según programación	1	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
	Fuente de alimentación 24V DC - 2.5A	Alimentación PLC y circuito del prototipo.	1	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00
	Fuente de alimentación 12V DC - 10A	Alimentación componentes electricos.	1	\$ 90.000,00	\$ 90.000,00
	Riel DIN. 1m	Soporte metálico para elementos del Circuito	1	\$ 17.000,00	\$ 17.000,00
	Borneras Riel Din 20A - 18 - 24 AWG	Conexiones de cables y puentes de conexión	28	\$ 1.900,00	\$ 53.200,00
	Breaker, 2 polos, 20A Riel Din	Protección para sobre carga y corto circuito.	1	\$ 54.000,00	\$ 54.000,00
	Controlador de Temperatura 110V	Control de temperatura °C entre un intervalo	1	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00
	Contactador CHINT 12 Amperios - Lc1d1210	Alimentación para resistencia eléctrica.	1	\$ 38.000,00	\$ 38.000,00
	Relé Industrial 24V - 8 pines.	Control de encendido para bomba de vacío.	1	\$ 31.000,00	\$ 31.000,00
	relé enchufable - Zelio RXM - 4 CA - 24 V CC	Control de electroválvulas a 12V	1	\$ 48.992,00	\$ 48.992,00
	G2RV-SR – Borne relé Omron 24V	Control para energizar ventiladores en condensador.	3	\$ 108.000,00	\$ 324.000,00
	Canaleta para cableado eléctrico 2.5 x 3mm	Organización de cableado para tablero 3m			\$ 0,00
	Cable 18 AWG	Conexiones de Borneras a PLC	18	\$ 950,00	\$ 17.100,00
	Cable 16 AWG	Conexiones de alimentación	10	\$ 1.100,00	\$ 11.000,00
	Cable encauchado 3 hilos # 16 AWG	Alimentación de bomba de Vacío.	3	\$ 3.800,00	\$ 11.400,00
	Cable encauchado 3 hilos # 14 AWG	Alimentación y conexión a Breaker principal 20A	4	\$ 4.500,00	\$ 18.000,00
	Selector de Muletilla 2 posiciones	Señal de inicio de procesos de los actuadores	2	\$ 11.000,00	\$ 22.000,00
	Pulsador metálico 22mm - Verde.	Señal de inicio de procesos de los actuadores	3	\$ 10.200,00	\$ 30.600,00
	Pulsador metálico 22mm - Rojo.	Paro o fin de función de los actuadores.	2	\$ 10.200,00	\$ 20.400,00
	Parada de emergencia tipo hongo	Paro de todo el sistema por interrupción.	1	\$ 18.500,00	\$ 18.500,00
Tornillos autopercutorantes	Sujeción de elementos.	30	\$ 50,00	\$ 1.500,00	
Subtotal					\$ 6.437.692,00

Otras actividades importantes, es visita a planta para realizar verificaciones o dudas que surgen a través del avance del proyecto de prototipado, toma de muestras, entre otros.

Otros	Transporte	Desplazamiento para conocer lugar y toma de datos.	n/a	n/a	\$ 200.000,00
	Viáticos	Alimentación			\$ 100.000,00
	Subtotal				\$ 300.000,00

Finalmente es importante tener presente en los gastos imprevistos del proyecto, por algún concepto extraordinario, que se puedan observar al avanzar en el sistema, por cambios en la proyección o componentes diferentes a los inicialmente planteados. Además del costo total del sistema.

Imprevistos 10%	Elementos y ajustes en el sistema mecánico y eléctrico que se requieran ajustar, percances que aparecen en el transcurso de los avances del proyecto.	\$ 1.241.499,20
Total		\$ 13.656.491,20

7. Fases del proyecto de prototipado.

Es importante definir las etapas del proyecto de manera clara, por lo que se optó por realizar y presentar una proyección de los pasos a seguir, para realizar el proyecto de prototipado que de una progresión natural, que sirva de guía para seguir el camino correcto hacia el objetivo del proyecto.

Este estudio se basó en etapas de varios proyectos de construcción y desarrollo. Por tal motivo se definió las más importantes según lo investigado de varios proyectos para este caso.

- **Inicio.**
- **Planeación.**
- **Ejecución**
- **Control.**
- **Cierre.**

Para adoptar y profundizar la información en cada etapa, se delimito seis temas esenciales en cada una de las etapas para amenizar mejor la información y sea más concisa.

Etapas I - Inicio.

- Requisitos de desarrollo.
- Revisión de diseño, según referente teórico.

Etapa II - Planeación.

- Generación de posible diseño electromecánico según materiales accesibles para la construcción.
- Definir y elegir diseño electromecánico para construcción.
- Elección y compra de materiales.

Etapa III – Ejecución.

- Inicio construcción diseño mecánico.
- Implementación elementos mecánicos.
- Desarrollo del código para control del prototipo.
- Construcción, desarrollo, control eléctrico para el prototipo.
- Modificaciones, ajustes y mejoras pertinentes del prototipo electromecánico.

Etapa IV – Control.

- Evaluación del prototipo y pruebas de los elementos mecánicos.
- Observación de resultados mecánicos.
- Evaluación del prototipo y pruebas de los elementos eléctricos
- Observación de resultados.

Etapa V – Cierre.

- Resumen de pruebas e información más importante.
- Documentación de acciones implementadas y correcciones.
- Registro fotográfico y explicación.

Etapa VI – Pruebas finales – Prototipo funcional.

- Prototipo en marcha y evaluación de su utilidad.

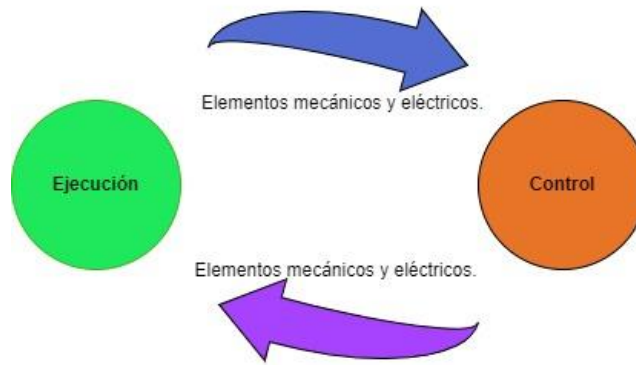
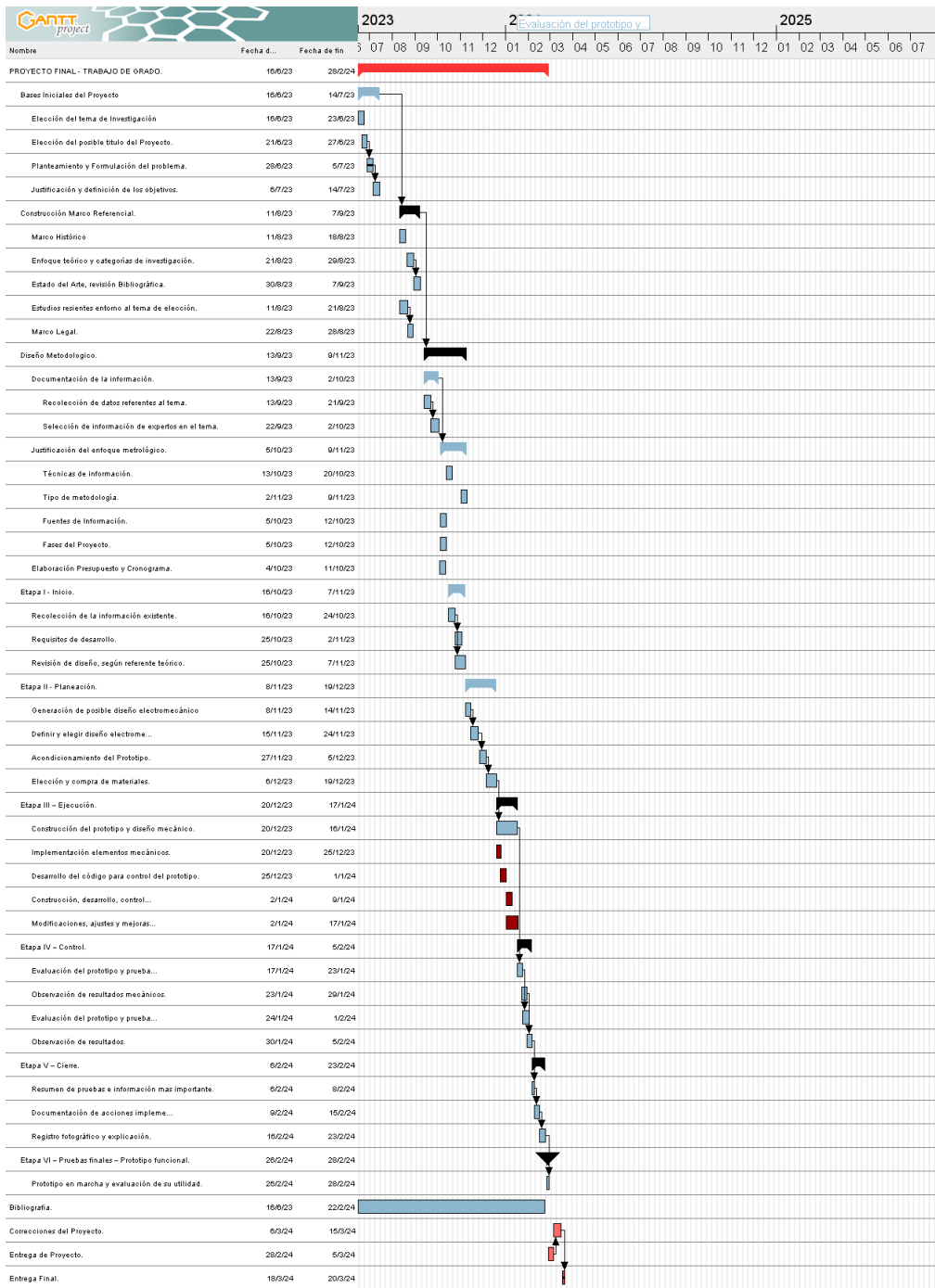


Ilustración 16. Ciclo para cambios y control del proceso

Cabe resaltar que, entre el proceso de ejecución y control, se tiene un ciclo, el cual inicia por la ejecución, después se controla, con evaluación y observaciones, que llevan a realizar cambios en la ejecución, es decir, modificaciones en la construcción y desarrollo del prototipo.

Cronograma.

En el diagrama se puede observar las distintas fases del proyecto, desde las bases iniciales de acuerdo con distintas fases establecidas, hasta las fechas de entrega.



8. Etapa I - Inicio.

- **Recolección de la información existente.**

Para realizar el diseño del prototipo se debe tener en cuenta el sitio y lugar en donde se va a realizar la instalación. Por lo cual, se decidió realizar un plano, en donde se comprenda el proceso de la empresa, como las medidas, y ubicación dentro de la misma.

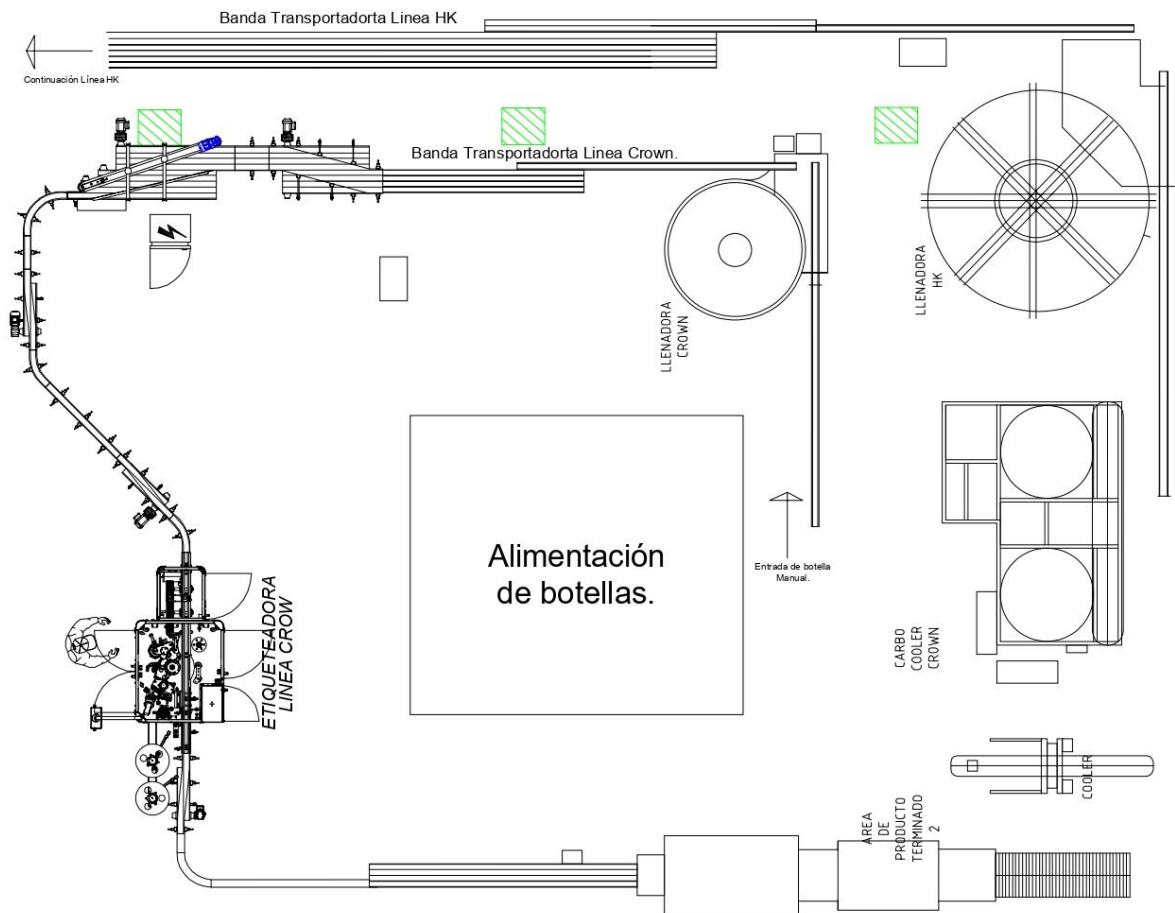


Ilustración 17. Plano planta Embotelladora Capri.

En la Ilustración # 13, se puede observar el proceso de la empresa para las bebidas carbonatadas, centrándose específicamente en la salida de la llenadora Crown, la cual se

encarga de llenar las botellas vacías con el producto final para consumidor (Gaseosa). En donde se ubicará el prototipo.

LLenadora CROWN.

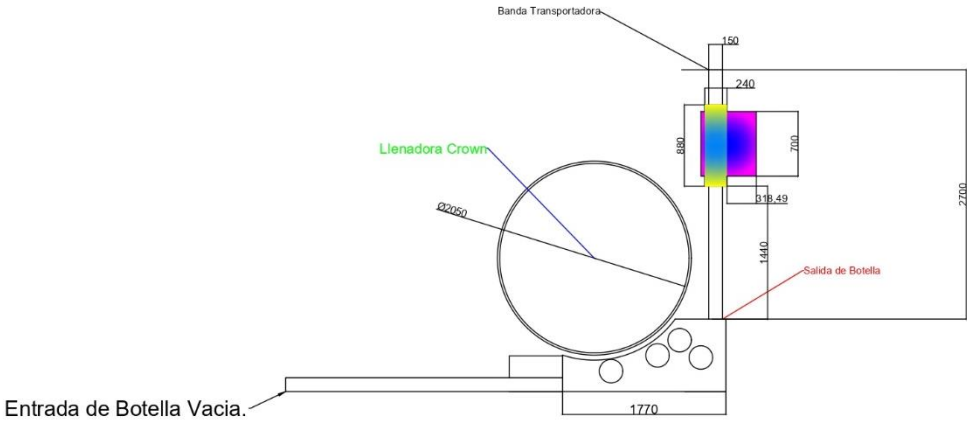


Ilustración 18. Medidas De las duchas que se utilizaban inicialmente.

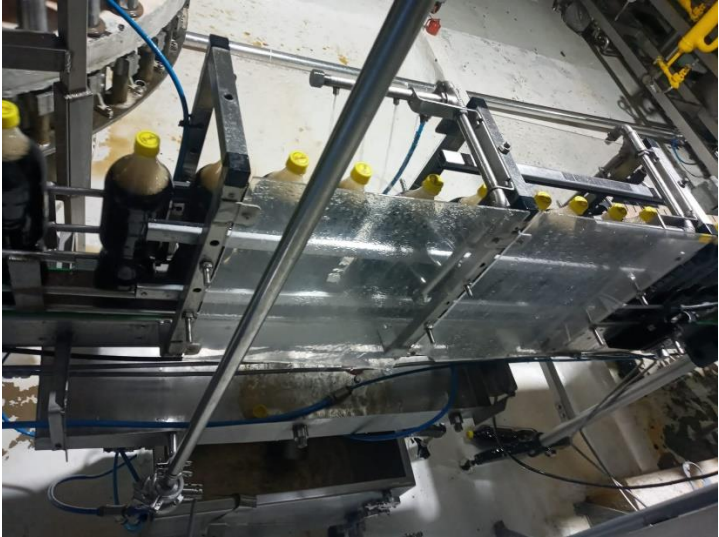


Ilustración 19. Lavado o duchas actuales para las botellas real el cual es obsoleto.

En la Ilustración 15, se puede observar el actual lavado de botellas el cual está directamente conectado a la tubería de alimentación principal, por lo cual no se tiene ningún control de caudal y tampoco se recircula o se reutiliza el agua en este proceso.

Para el diseño se tendrá en cuenta un sistema abierto, o un volumen de control, como suele llamarse, es una región elegida apropiadamente en el espacio.

Generalmente encierra un dispositivo que tiene que ver con flujo másico, como un compresor, turbina o tobera. El flujo por estos dispositivos se estudia mejor si se selecciona la región dentro del dispositivo como el volumen de control. Tanto la masa como la energía pueden cruzar la frontera de un volumen de control. (Nisbett, 2008).

- **Requisitos de desarrollo.**

Los requisitos de este proyecto apuntan y van asociados a el objetivo general, para la reutilización de agua azucarada, reincorporación a un proceso de recirculación, se definen los temas más importantes y realistas, lo cual se debe llevar a la práctica. Sin perder la percepción inicial de un proyecto sustentable. Que orientado a varios sectores e incluso en hogares da para pensar en tener ciudades sustentables con las posibilidades que se pueden generar a partir de este proyecto.

Se parte de que debe ser un proyecto sustentable, ya que involucramos el medio ambiente y recursos ecológicos, pero sin olvidar requisitos básicos de todo proyecto, que se presentan de la siguiente manera:

- **Requisito de plazo.**

Es fundamental, teniendo en cuenta que este proyecto se realiza para generar una posible solución a una empresa del municipio de chía.

- **Requisitos documentales:** Son los documentos que nos comprometemos a entregar, a la empresa y universidad, tales como: Trabajo escrito, el proceso de prototipado y archivos con información de elementos electrónicos, programación de PLC y resumen de pruebas.

- **Requisitos de calidad:** Son los elementos mínimos que se van a tener en cuenta, son pruebas de la salida del equipo, es decir son los datos finales, el equipo debe entregar agua, con la calidad para reincorporarla a el proceso planteado (Agua tratada o destilada) según el proceso que se realizara en las pruebas y selección del diseño y construcción del prototipo.

- **Requisitos funcionales y del sistema:** Estos requisitos son muy importantes, el principal requisito será, establecer después del prototipado rápido, si realmente dará un resultado positivo, para continuar con los ajustes y mejoras pertinentes y realizar una posible implementación en la empresa de bebidas gasificadas y especificaciones del producto, mínimo de componentes del sistema para estar en operación, es decir, nivel de trabajo y funcionamiento adecuado para solucionar y aportar al proceso.

- **Revisión de diseño, según referente teórico.**

En este punto, inicialmente se realizó un posible diseño para el prototipo. Teniendo en cuenta las características de funcionamiento. Se analizó la información brindada por el referente teórico y documentación sobre el tema. Finalmente, se optó por el siguiente diseño, como fase de inicio.

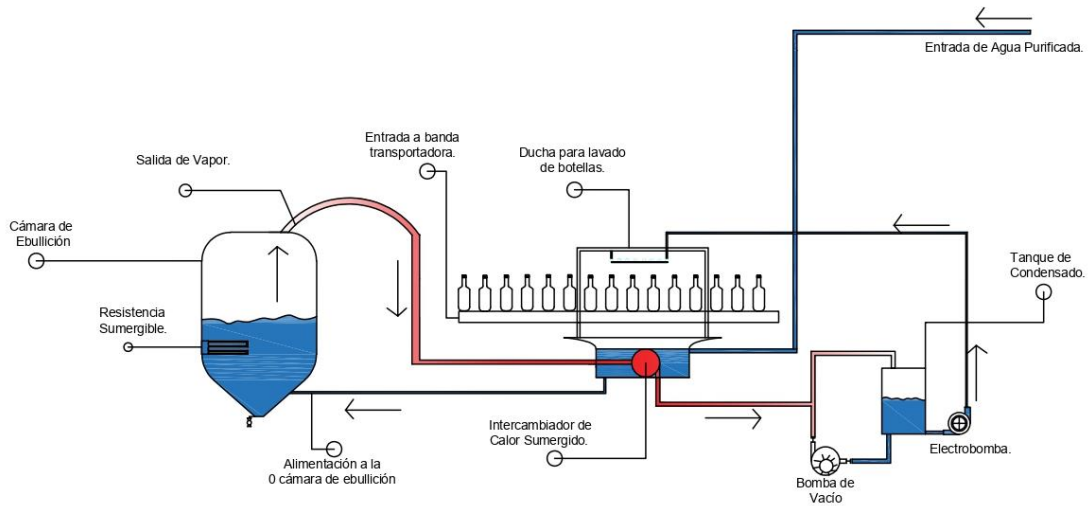


Ilustración 20. Diseño para la fase de inicio, representación Idea Principal del proceso y prototipo a desarrollar.

9. Etapa II - Planeación.

- **Generación de posible diseño electromecánico:**

Para generar la idea de diseño, se realiza una investigación de los principales elementos para el funcionamiento del equipo, como se puede apreciar en el referente teórico.

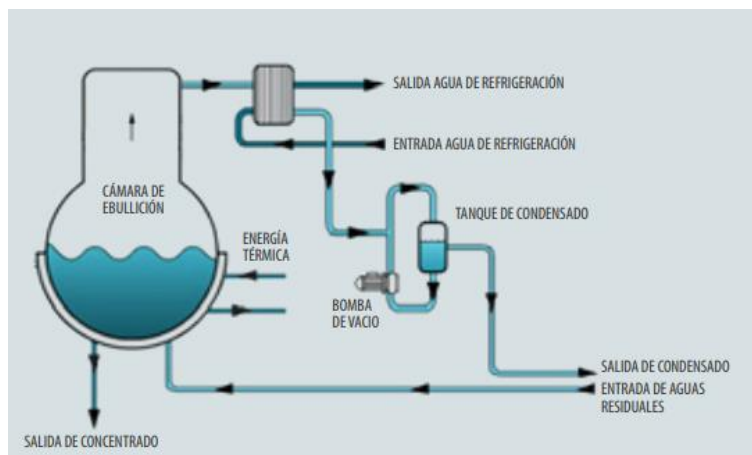


Ilustración 21. Ilustración Proceso Evaporador al Vacío.

Para la separación de agua y azúcar, es necesario realizar el proceso de destilación como se observa en la ilustración anterior. La Empresa Ondorchem Envitech que se tomó como referente en este proceso y sistema, debido a la información y actividad que realiza con el tratamiento de aguas. Lo realiza por medio de una **cámara de ebullición**, tiene un **intercambiador de calor**, una **bomba de vacío** y un **tanque de condensado**.

Con estos datos, se realizó la búsqueda de los elementos, funcionamiento, costos y accesibilidad para realizar la compra y tener los materiales pertinentes para realizar el primer diseño, montaje y ejecutando pruebas iniciales de funcionamiento.

Cámara de ebullición: Se utilizará en un cilindro de 25 lb, debido a que se reutilizará un tanque, para evitar gastos en la compra de un tanque nuevo, teniendo en cuenta que es para la prueba de prototipado rápido inicial. Medidas: LARGO (mm): 245, ANCHO (mm): 240, ALTO (mm): 420

Intercambiador de calor: Se realizará la compra de un intercambiador de calor, el cual se instaló en el calentador de agua, debido a sus materiales de construcción, que más adelante se explicará a detalle y se encontraron viables para el proyecto.

Bomba de vacío: Se encontró el funcionamiento y el referente teórico utiliza una bomba de vacío Roots, el cual tiene un nivel de vacío, dependiendo de la capacidad de la bomba (Bajo, medio y alto) pero también en otro proceso, opta por una bomba de vacío, que puede recircular en un circuito cerrado, pero puede ser lubricada por vapor o funciona en seco (Sin lubricación) pero son muy costosas y por otro lado, no se encontró información de ningún vendedor en Colombia, que pueda facilitar su compra además de no estar en el mercado con facilidad de accesibilidad para importarla de otro país.

Se identificó que las bombas de vacío con alta capacidad y rendimiento, accesible y no tan costosa, es una bomba de vacío lubricada con aceite, pero no se puede cerrar el circuito, por lo cual rediseñamos la primera idea de prototipado.

Tanque de condensado: Se realizó la construcción del recipiente, debido a que en el tanque de condensado no debe poseer fugas, además de los acondicionamientos necesarios para unirlo a los demás elementos.

- **Definición y elección de diseño electromecánico para construcción:**

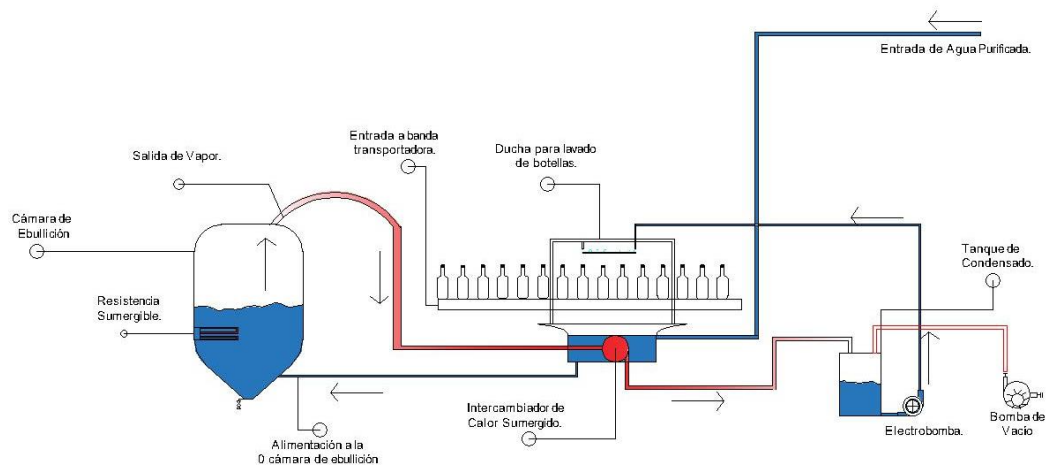


Ilustración 22. Corrección de diseño según elementos de elección.

- **Elección y compra de materiales.**

En la elección de los materiales, se debe saber exactamente cómo se van a realizar las pruebas y los elementos disponibles, de fácil accesibilidad para el funcionamiento. Anteriormente, se nombraron los elementos más básicos pero los más importantes para iniciar con las pruebas mecánicas y haciendo un control manual, para verificar inicialmente si este proyecto, se puede trabajar y con resultados positivos, realizar inversión de tiempo y dinero para mejorarlo.

Cámara de ebullición:

Se realizaron las pruebas con un cilindro, reciclando el recipiente, se realizó limpieza y tratamiento adecuado del cilindro con jabón desengrasante biodegradable Agüa Clean y jabón neutro, para limpieza de elementos industriales y contacto con alimentos.



Ilustración 23. Cilindro que funcionara como cámara de ebulición.

Resistencia eléctrica: Para la compra de la resistencia eléctrica se requirió que sea sumergible y para contacto con alimentos.



Ilustración 24. Resistencia eléctrica sumergible.

Resistencia eléctrica para contacto con agua azucarada, además de ser sumergible según fabricante, sin tiempo máximo de uso, algunas resistencias se limitan a tiempo de trabajo, debido a los materiales de construcción. Tiene como característica ser una resistencia de inmersión, sus aplicaciones usuales son: calderas de vapor, cámaras de aceite, destilación y

limpieza, industria química, entre otros. Esta resistencia sólo fue posible obtenerla por fabricación especial en Bogotá, en la zona industrial, fabricante especializado en resistencias dependiendo del trabajo y bajo medidas.

Bomba de Vacío: Para la selección de la bomba de vacío, conseguimos una bomba de Vacío de pistón. Esta bomba de vacío es indispensable, debido a que genera una presión negativa y es necesaria menor temperatura en la cámara de ebullición para generar vapor.



Ilustración 25. Bomba de Vacío de Pistón.

Esta bomba funciona mecánicamente y el objetivo es extraer gases de un sistema, alcanzando un vacío final de -15.75 InHg.

Tanque de Condensado: Se realizaron las pruebas con la construcción de un tanque de condensado en acrílico, el cual fue reutilizado de la empresa Embotelladora Capri, que ya estaban listos para disposición y manejo de residuos plásticos.



Ilustración 26. Tanque de Condensado, construcción con elementos reciclados.

Serpentín Intercambiador de Calor: Este elemento del sistema cumplirá la función de condensar agua, es decir recuperar agua destilada, por la diferencia de temperatura, convirtiendo de gaseoso a líquido (Agua procesada).



Ilustración 27. Prueba Inicial para condensar agua.

10. Etapa III – Ejecución.

- **Construcción del prototipo y diseño mecánico.**

Para la construcción del prototipo, se partió de la necesidad inicial de realizar el proceso de destilado de agua azucarada, por este motivo, se realizó la construcción de la cámara de ebullición.

Fue necesario el apoyo de personal especializado para realizar los acondicionamientos en el tanque, acudimos a un Soldador Profesional, para agregar las conexiones, para las entradas, salidas y elementos de control.

Entradas:

Entrada de Agua Azucarada – Unión de ½ NPT.

Salidas:

Agua azucarada concentrada. Unión de ½ NPT.

Salidas de Vapor - Unión de ½ NPT.

Elementos de Control:

Nivel de llenado del Tanque. – Unión 3/8.

Manómetro de presión negativo - Unión 3/8.



Ilustración 28. Perforación y soldadura de Uniones para entrada y salidas



Ilustración 29. Ajuste del tanque para evaporar agua, se agrega resistencia eléctrica sumergible.

En el proceso de constricción fue necesario utilizar un acople rápido (Racord) para facilitar las conexiones, y que garantice que no existirá una pérdida de presión negativa, la cual afectaría el proceso.



Ilustración 30. Ilustración 25. Unión rápida o Racord.



Ilustración 31. Unión 1/2 NPT en Inox.

En el momento de realizar el primer ensamble con los componentes antes mencionados, se presentó una falla en la bomba de presión negativa de pistón. El funcionamiento mecánico falla, además de limitar el tiempo de operación, debido a que no se puede trabajar constantemente más de una hora.

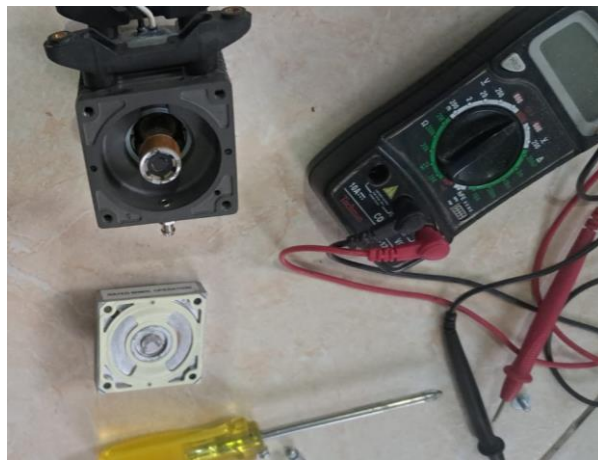


Ilustración 32. Bomba de vacío, en revisión por daño.

Se realizó la revisión y se determinó la funcionalidad del equipo, pero no se logró generar el vacío máximo que registra la bomba modelo VP-0140-V1006 D3-1053 A 114V AC - -15.75 In.Hg. Por este motivo, se realizó la búsqueda de otro tipo de bomba de Vacío.

La elección de la bomba fue por capacidad de trabajo, una de las de mayor rendimiento y más alto vacío alcanzado, su funcionamiento es con lubricación con aceite.



Ilustración 33. Bomba de Vacío.

- **Implementación elementos mecánicos.**

Para la implementación de los elementos mecánicos, se inició con la cámara de ebullición, la cual debe ser totalmente hermética, no debe tener fugas, para alcanzar el máximo de presión negativa o máximo de vacío en la recámara.

Por este motivo, para poder conectar la resistencia eléctrica sumergible, se realizó la conexión con cable para alta temperatura y resistencia, por medio de una perforación. Para recubrir el espacio sobrante, se rellenó con SinteSolda, una masilla epóxica, empleada para sellar elementos en altas y bajas temperaturas, en la mayoría de los solventes ácidos y alcalinos, según especificaciones del Fabricante.



Ilustración 34. Perforación para Instalar la resistencia eléctrica.



Ilustración 35. Sellado de orificio de conexión eléctrica.



Ilustración 36. Masilla para sello a altas temperaturas.

Además de la perforación para la conexión eléctrica, se realizaron las adecuaciones pertinentes para introducir la resistencia eléctrica sumergible.



Ilustración 37. Perforación para Ingresar la resistencia eléctrica.



Ilustración 38. Resistencia Eléctrica sumergible para instalación.

Para la instalación de la resistencia eléctrica, nuevamente fue necesario el apoyo del soldador, el cual realizó las adecuaciones pertinentes para su correcta instalación, la resistencia debe quedar sin contacto directo al tanque de ebullición.



Ilustración 39. Pruebas de temperatura con resistencia eléctrica y agua después de la instalación.

Después de realizar las pruebas y verificar el correcto funcionamiento de la resistencia en el conjunto (tanque de evaporación), se debió sellar y garantizar que no existan fugas. Para esta actividad se necesitó adecuar una conexión o unión de 1/2" para realizar las conexiones a un Racord y unir con la siguiente parte del proceso. Los elementos necesarios fueron: SinteSolda y agregaremos silicona para alta temperatura.



Ilustración 40. Lamina para sellar y conexión de unión 1/2" Inox



Ilustración 41. Sellado con silicona de alta temperatura y tornillos autoperforantes.

Después de tener las conexiones y todas las uniones 1/2" NPT para las entradas, salidas y elementos de control, se realizaron las pruebas de vacío, unión directa del tanque de calefacción y la bomba, para lo cual se obtuvo un valor máximo de -540 mmHg. (Presión Manométrica)



Ilustración 42. Máximo de Vacío alcanzado en el sistema.

La condensación es el siguiente elemento en el diseño del prototipo, realizando las pruebas con el serpentín y recirculación de agua externa sobre él. Pero a medida que se iba generando el vacío y con la construcción del tanque de almacenamiento de condensado, hecho con acrílico reutilizado, se evidenció deformación. El volumen de condensado obtenido en este punto fue de 10mL.

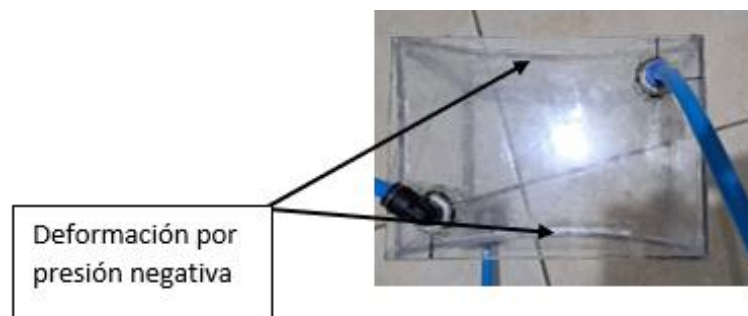


Ilustración 43. Tanque de almacenamiento condensado.

Observando los datos y el funcionamiento, se debió realizar cambios en varios elementos, para mejorar el sistema, debido a que, en el momento, la construcción mecánica, tenía falencias, pérdida de presión negativa y deformación de elementos, además de un rendimiento significativamente bajo como resultado.

- **Modificaciones, ajustes y mejoras pertinentes del prototipo mecánico.**

Para obtener mejores resultados, es necesario realizar diversos cambios, se inició con el serpentín en este caso, el intercambiador de calor para lo cual se encontró un elemento que se utiliza en los calentadores a gas, por su material de fabricación es bastante eficiente y se pudo utilizar como intercambiador de calor, además de agregar elementos de refrigeración externa sobre el serpentín y dos ventiladores, para realizar la ventilación de manera más efectiva y rápida.



Ilustración 44. Serpentín - Intercambiador de Calor en este proyecto.

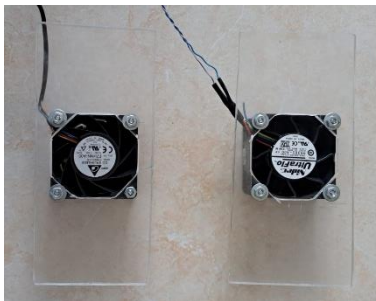


Ilustración 45. Ventiladores, para refrigerar el serpentín.



Ilustración 46. Tanque de almacenamiento de condensado.

Se introdujo en la parte mecánica del prototipo, un elemento eléctrico para el control de temperatura y realizar unas mejores pruebas.



Ilustración 47. Controlador de temperatura.

Los resultados del funcionamiento mecánico, evaluación y observación, se agregaron en la **etapa IV- control.**



Ilustración 48. Tanque de evaporación, ajuste final conexiones y pintura.

Además de la etapa de control, fue necesario realizar una mejora del prototipo agregando pintura y mejorando visualmente el sistema del tanque de evaporación.

- **Construcción y desarrollo eléctrico para el prototipo.**

Se agregaron los elementos eléctricos, los cuales fueron conectados con la parte de control, para buscar que el prototipo sea lo más autónomo posible, es fundamental realizar una buena elección y tener presente los elementos y diseño eléctrico.

Las necesidades eléctricas a tener en cuenta serán:

1. Alimentación eléctrica para el controlador y resistencia eléctrica sumergible que está instalada internamente en la cámara de ebullición.
2. Alimentación eléctrica, para la Bomba de Vacío o presión negativa.
3. Alimentación eléctrica para los ventiladores, en el proceso de refrigeración del intercambiador de calor, para el condensado de vapor.
4. Alimentación eléctrica para los ventiladores.

Estos componentes son los más básicos que se deben tener en cuenta. Contemplando el amperaje y consumo de voltaje de cada uno, para su correcto funcionamiento, según fabricantes, datos tomados de los datasheet de cada elemento.

Resistencia eléctrica: V: 110 V-AC - Amp-max: 10 A.

Bomba de Vacío: V: 110 V-AC - Amp:1A

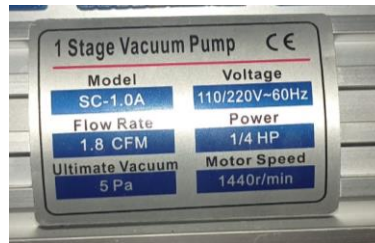


Ilustración 49. Placa de motor bomba de vacío.

Ventiladores: V: 12V- DC – Amp-max: 1.6A.

Para optimizar el proceso de manera autónoma, se necesitó un controlador general para el proceso. Por prestaciones y accesibilidad, se agregó un pequeño PLC (Controlador Lógico programable). Esta decisión se tomó, debido a que este prototipo puede ser implementado en grandes empresas, pero a gran escala, y estos PLC son un elemento fiable y de gran desempeño en las industrias, incluidas las de bebidas gasificadas la cual cuenta con una gran variedad de estos elementos en sus procesos.



Ilustración 50. PLC- FX1N de Mitsubishi

Se deben comprender las características de funcionamiento y conexiones adecuadas, las características básicas de funcionamiento son:

Voltaje de alimentación: 24V.

Tipo de comunicación: Comunicación de datos RS232

Número de entradas: 16.

Numero de salidas: 16.

Antes de seguir con el proceso de programación, se debe conocer con exactitud el funcionamiento del PLC, para evitar daños en los puertos tanto de entrada como de salidas digitales, por tal motivo se consultó el manual del fabricante y sus especificaciones técnicas de funcionamiento.

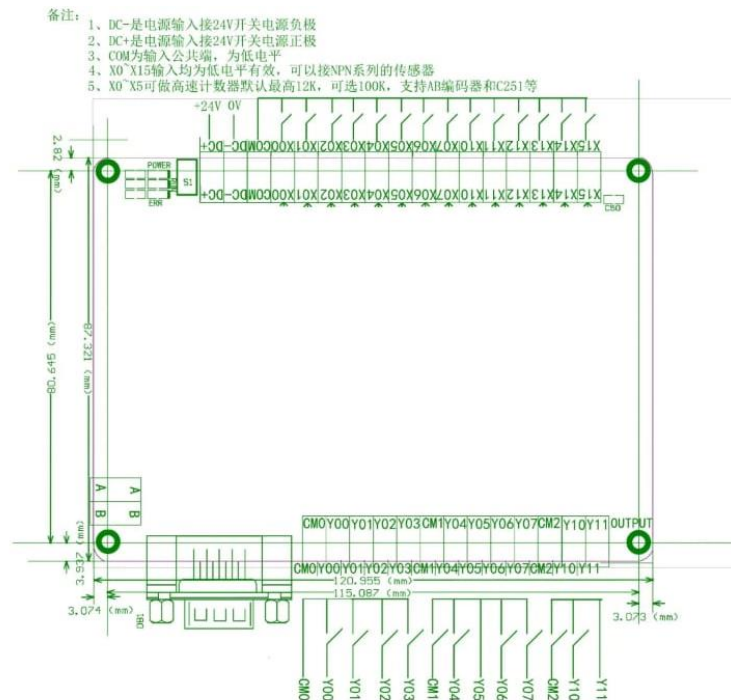


Ilustración 51. Conexiones internas del PLC.

Se Inició el proceso para las conexiones de los elementos del proyecto. Se Inició con la conexión de la bomba de vacío, la cual tiene una tensión de trabajo de 110V AC. Ingresando

un pulsador, para realizar el cambio en la primera entrada digital del PLC a 24V DC, para que el PLC, realice la respectiva lectura y función según lo programado. Para este proceso se necesitó un contactor de bobina de 24V, para las conexiones A1 Y A2, para lo cual realizará un cambio en el contacto NO del contactor y dará paso al fluido eléctrico, entre 1 y 4, para la alimentación de la bomba de vacío.

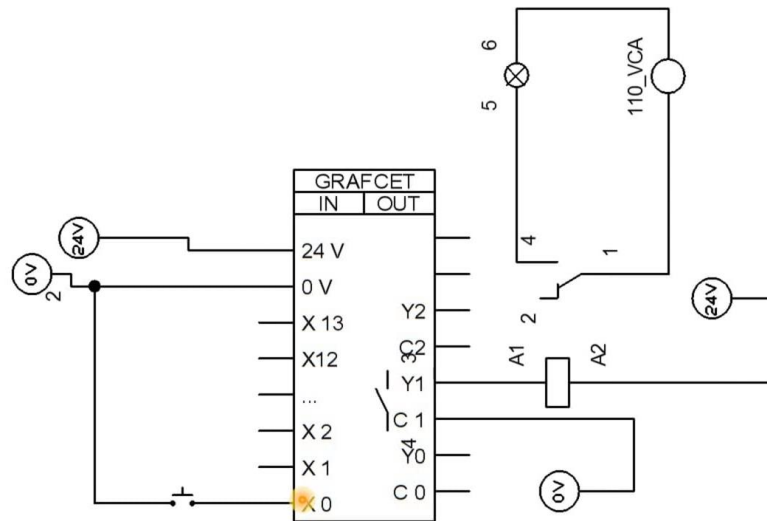


Ilustración 52. Conexiones para la primera alimentación de la bomba de vacío.

Ejemplo de conexión del contactor.



Ilustración 53. Contactor y conexiones, según nomenclatura.

Todos los elementos necesarios fueron conectados de la misma forma, pero teniendo en cuenta, alimentación de voltaje y amperaje, tanto mínimo como máximo. Los pulsadores fueron alimentados con 24V DC.



Ilustración 54. Tipo de pulsador eléctrico.

Ya con la información necesaria para realizar las conexiones eléctricas, sin poner en riesgo los componentes, se selecciona cada uno de los componentes, para realizar la compra y posterior a esto, realizar el ensamble.

Elementos necesarios para realizar en ensamble eléctrico para el control con el PLC.

Elemento	Cantidad	Función	Imagen
Muletilla de selección	2	Dar inicio al calentamiento eléctrico de la resistencia sumergible y bomba de vacío.	
Pulsador eléctrico verde	3	Arranque de ventiladores y control de válvulas.	
Pulsador de Emergencia.	1	Pulsador de paro de emergencia de todo el sistema.	
Bornera Relé 24 V	1	Señal de control, para ventiladores a 12V de salida.	
Bornera Relé 24V	1	Señal de control, para alimentación de contactor de 24 V	
Contactador 110V AC- Bobina de 24V DC	1	Alimentación de resistencia sumergible de 110V AC.	
Cable Calibre 18AWG - 16AWG	18 m	Conexiones eléctricas.	
Braker dos polos 20A	1	Alimentación principal.	
Canaleta eléctrica	3 m	Organización de cable y conexiones	
Riel Din	1 m	Para insertar los elementos eléctricos de manera organizada.	
Borneras eléctricas	25	Conexión eléctricas y puentes de alimentación	
Lamina Base.	1	Base para tablero eléctrico	

Continuamos con la construcción del tablero eléctrico.



Ilustración 557. Inicio proceso de construcción.



Ilustración 568. Construcción tablero eléctrico.



Ilustración 57. Avance construcción, instalación de elementos eléctricos.



Ilustración 58. Botonera para arranque del Prototipo.



Ilustración 59. Controlador de temperatura en Funcionamiento.

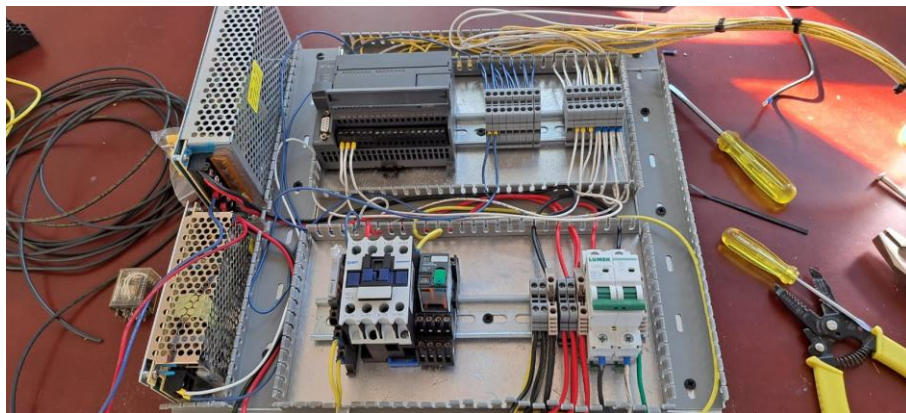


Ilustración 60. Cableado y ponchado de terminales para conexiones.

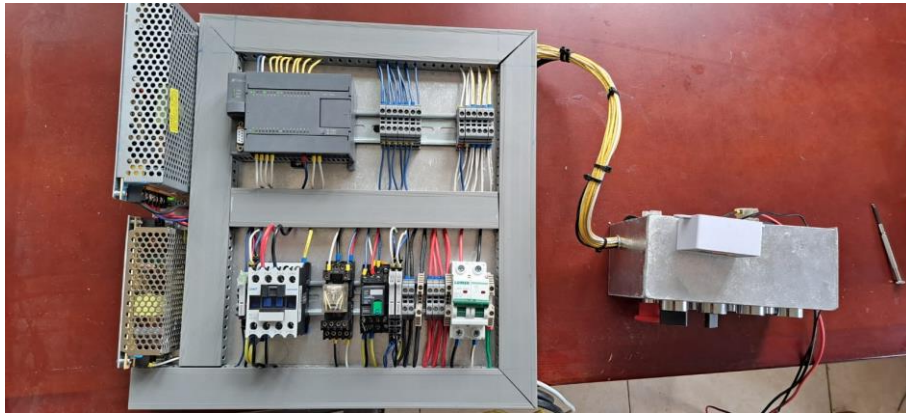


Ilustración 61. Tablero Finalizado.

- **Desarrollo del código para control del prototipo.**

Para desarrollar la programación, se realizaron pruebas paulatinamente para la programación final, para encontrar el máximo de eficiencia en el sistema y mayor cantidad de agua recuperada después del punto de ebullición.

Para desarrollar la programación, fue necesaria la instalación de un programa de Mitsubishi (GX WORKS2) por el tipo de controlador utilizado. Este programa también conocido como MELSOFT, se utiliza para la serie GX como característica de fabricación.

Se realizó la instalación pertinente del programa, como primer paso, se seleccionó el tipo de proyecto, serie y tipo de PLC y finalmente el lenguaje en el cual se realizaría la programación en lenguaje Ladder, debido a la estructura que maneja y por la lógica de contactos que se ve en este lenguaje, que se acopla adecuadamente a lo que necesitamos.

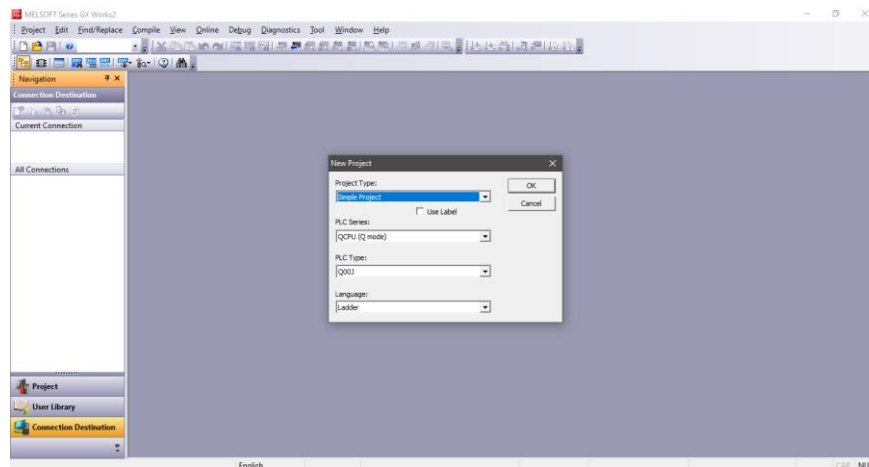


Ilustración 62. Parámetros para el controlador.

Después se realizaron pruebas de conexión entre el puerto USB del computador y el puerto del PLC, seleccionando la comunicación RS-232C para transferencia de datos.

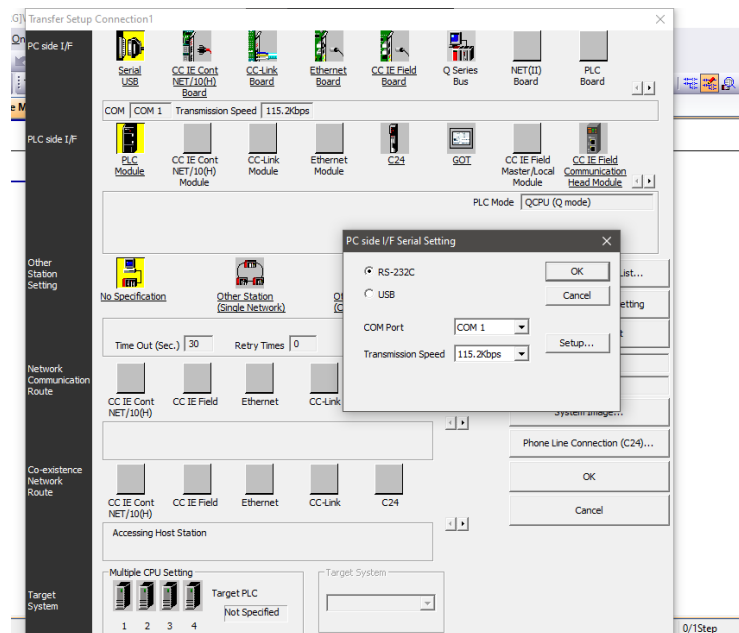


Ilustración 63. Selección tipo de comunicación.

Se generó la programación, realizando cambio y probando el funcionamiento.

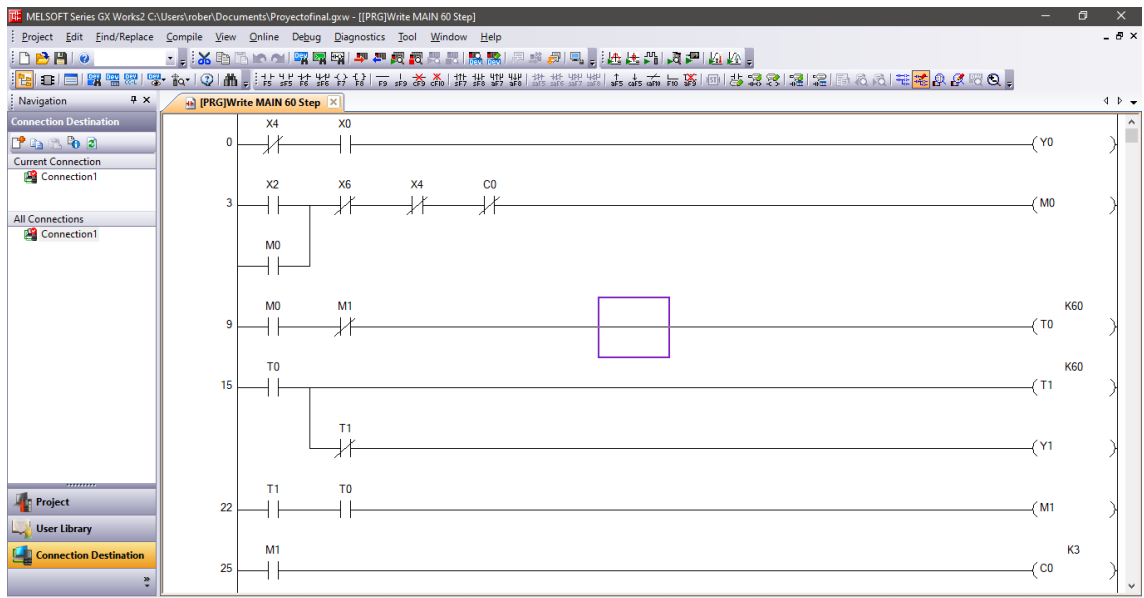


Ilustración 64. Programación Lenguaje Ladder.

Luego se realizó la transferencia de los datos al PLC.

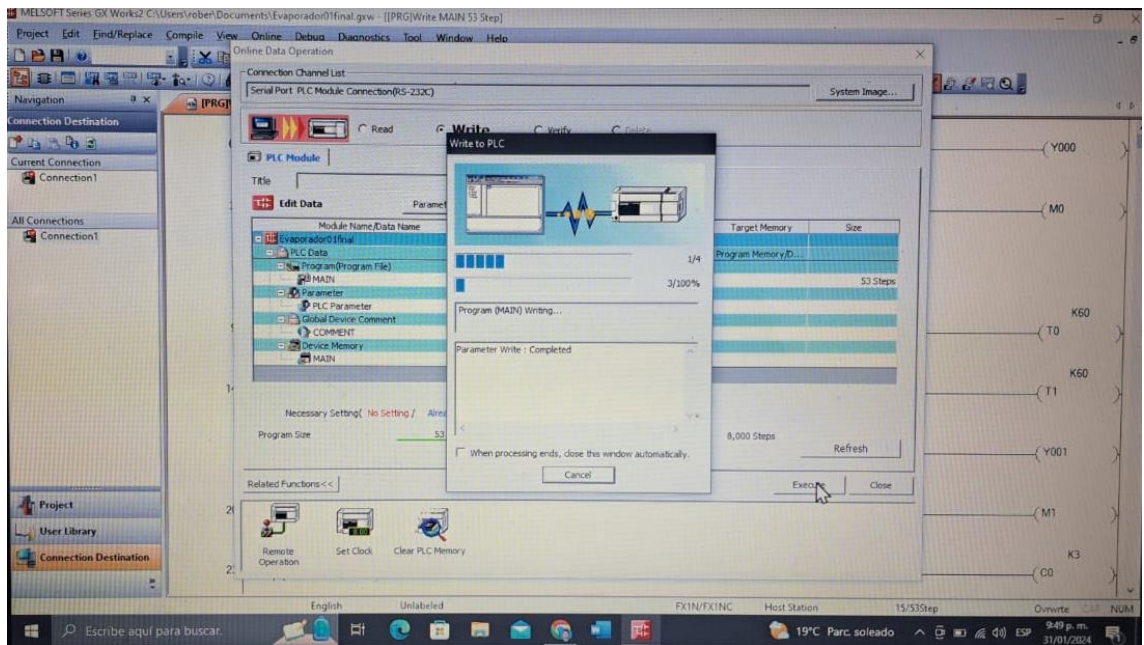


Ilustración 65. Escritura de información en el PLC

Se Finalizó la programación, agregando una entrada más y dos salidas, para controlar dos válvulas solenoides, cuyo objetivo de instalación se explicará posteriormente.

- **Modificaciones, ajustes y mejoras pertinentes del prototipo electromecánico.**



Ilustración 66. Conexiones finales entre sistema mecánico y eléctrico.



Ilustración 67. Cámara de ebullición y condensador de agua.

11. Etapa IV – Control.

- Evaluación del prototipo y pruebas de los elementos mecánicos.



Ilustración 68. Prototipo Final.

Tabla 1. Primera prueba prototipo mecánico.

Prueba mecánica # 1					
	Temperatura	Tiempo de prueba	Vapor condensado	Presión de vacío	Volumen de Agua.
	75 °C	10 minutos	110 mL	-400 mmHg	10L.

Tabla 2. . Segunda prueba prototipo mecánico.

Prueba mecánica # 2					
	Temperatura	Tiempo de prueba	Vapor condensado	Presión de vacío	Volumen de Agua.
	60 °C	10 minutos	310 mL	-400 mmHg	10L.

Tabla 3. Tercera prueba prototipo mecánico.

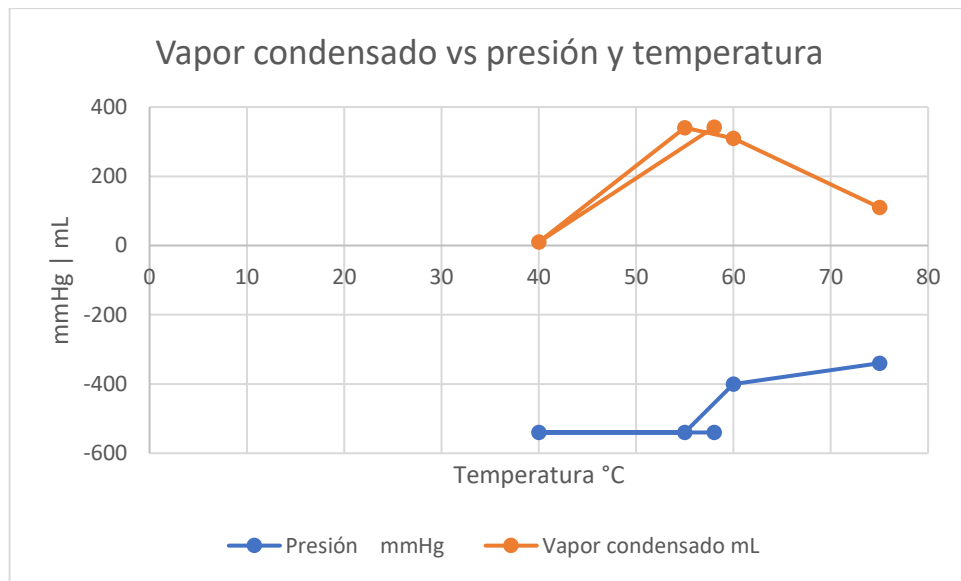
Prueba mecánica # 3					
	Temperatura	Tiempo de prueba	Vapor condensado	Presión de vacío	Volumen de Agua.
	55 °C	10 minutos	340mL	-340 mmHg	10L.

Tabla 4. Cuarta prueba prototipo mecánico.

Prueba mecánica # 4					
	Temperatura	Tiempo de prueba	Vapor condensado	Presión de vacío	Volumen de Agua.
	40 °C	10 minutos	10mL	-540 mmHg	10L.

Tabla 5. Sexta prueba prototipo mecánico.

Prueba mecánica # 5					
	Temperatura	Tiempo de prueba	Vapor condensado	Presión de vacío	Volumen de Agua.
	58 °C	10 minutos	342mL	-540 mmHg	10L.



Gráfica 1. Comparación de pruebas según presión y temperatura.

En la gráfica de volumen de condensado vs presión y temperatura presenta un comportamiento inusual debido al diseño del condensador de agua, con temperaturas mayores a 60°C, genera una disminución de la cantidad de recuperación de agua. El rendimiento disminuye por alta

temperatura, no alcanza a realizar el condensado total de vapor y se vuelve ineficiente a medida que sube la temperatura en el evaporador de agua.

- **Observación de resultados mecánicos.**

Realizando las pruebas y analizando los datos en un intervalo de funcionamiento de 10 minutos, con cambios en temperatura y presión, encontramos el punto máximo de evaporación y condensado de agua, para un mejor rendimiento del sistema. Entre mayor sea la presión negativa, mayor evaporación de agua azucarada y por lo tanto mayor volumen de agua recuperada o agua tratada, pero si elevamos demasiado la temperatura de la cámara de ebullición, más difícil es realizar la condensación del agua, por el tipo de intercambiador que tenemos.

- **Evaluación del prototipo y pruebas de los elementos eléctricos.**

Para los elementos eléctricos, se realizaron unas pruebas sencillas, con todos los elementos necesarios, pulsadores de inicio, pulsadores de final de proceso, muletillas eléctricas y principalmente consumo de amperaje del circuito y línea, además de comprobar la programación realizada y tiempos dados en cada uno de los ciclos de programación.

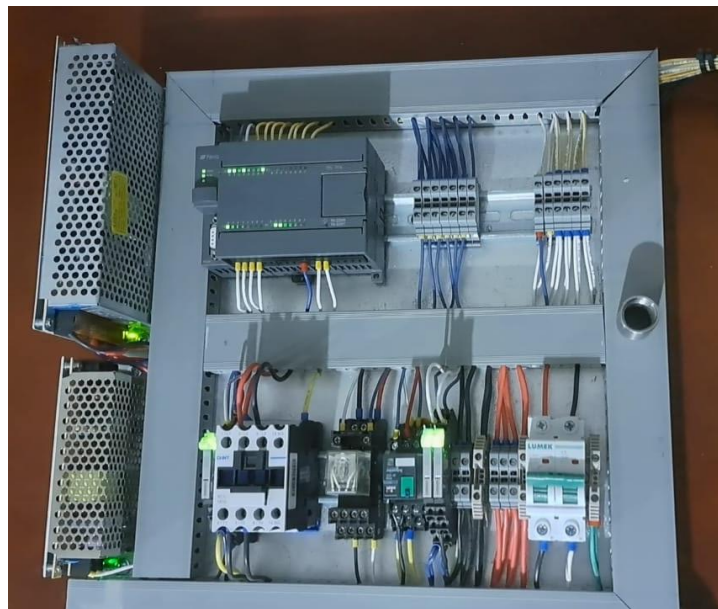


Ilustración 69. Tablero eléctrico, pruebas de funcionamiento.

- **Observación de resultados.**

Se observó el funcionamiento de todos los elementos eléctricos, el resultado fue el esperado, y el funcionamiento del controlador se rige a los resultados presentados en la simulación.



Ilustración 70. Consumo total del Circuito.

El número de elementos conectados y cantidad de componentes fueron consistentes, pero en el diseño se deja un Breaker principal de 20 A, para agregar más elementos en el caso que se quiera realizar más modificaciones o conexiones nuevas.



Ilustración 71 Consumo de Amperaje línea 1



Ilustración 72. Consumo de Amperaje línea 2.

Estaría el consumo de corriente y tensión adecuada, resistencia consumo máximo de 10A.

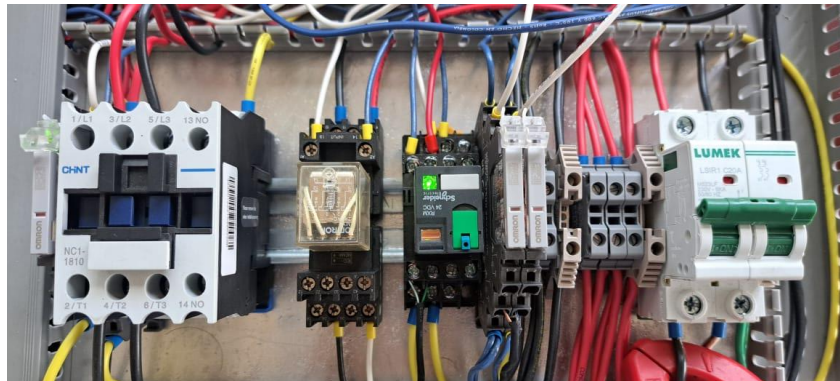


Ilustración 73. Todos los elementos eléctricos funcionando.

Comprobación de datos de consumo tablero eléctrico, en óptimas condiciones de trabajo.

12. Etapa V – Cierre.

- **Acciones implementadas y correcciones.**

Finalmente, se realizó una modificación en la programación y se agregaron dos válvulas solenoides, la primera válvula para el control y eliminación de la pérdida de vacío en la cámara de ebullición.



Ilustración 74. Válvula Solenoide salida tanque condensado.



Ilustración 75. sentido electroválvula.



Ilustración 76. Válvula salida cámara de ebullición

Se modificaron los tiempos de arranque de la bomba de vacío y el tiempo de apertura de las dos válvulas. La idea de implementar estas electroválvulas es perder presión negativa en el intercambiador de calor, para condensar vapor más rápido, a la vez que se mantiene la presión negativa en la cámara de ebullición para que, en el tanque, se almacene vapor, y en el momento que nuevamente se abre la válvula, se condense el vapor acumulado, por lo cual se vuelve un ciclo de trabajo. Se realizaron pruebas con varios ciclos de trabajo para maximizar la eficiencia del sistema. Básicamente, el sistema pierde presión negativa y el vapor, se condensa por la pérdida de presión.

En otras palabras, si la presión aumenta (Pérdida de Vacío) el volumen del vapor disminuye. Pero también disminuye la temperatura del sistema, porque queda independiente a la cámara de ebullición, además de los ventiladores instalados, que en realidad funcionan como extractores, para la disminución de temperatura del sistema sea más rápida, con lo cual aumenta la tasa de condensación.

- **Resumen de pruebas e información relevante.**

La cámara de ebullición para evaporación o destilación de agua azucarada, vacío utilizado en este proyecto para resolver la problemática de agua con azúcar (efluente líquido contaminado) para reducir temperatura de evaporación, como alternativa para tratamiento de aguas residuales viable por un factor económico y un intercambiador de calor para condensado de vapor o agua destilada debido al enfriamiento del vapor es un punto crucial para aumentar o disminuir el rendimiento y eficiencia del prototipo, es el punto crítico del sistema en el cual se realizaron los mayores cambios, implementando dos electroválvulas para disminuir o aumentar el vacío en el sistema del intercambiador, generando cambios

controlados de presión y temperatura, que internamente el gas, cambia de estado gaseoso a líquido por estas dos variables, temperatura y presión.

Tabla 6. Resumen pruebas y resultados obtenidos

Prueba prototipo completo						
	Temperatura Inicio	Temperatura Equilibrio	Tiempo de prueba	Vapor condensado	Presión de vacío	Volumen de Agua.
	65 °C	57,5	60 minutos	4218 mL	-500 mmHg	7L

Se realizaron 10 pruebas cambiando los tiempos de encendido y el intervalo de apagado, además de las válvulas solenoides, tiempo de apertura y cierre.

Los resultados anteriores son los mejores que se obtuvieron. Con un ciclo de trabajo de encendido de la bomba de vacío de 60 segundos, intervalo para iniciar nuevamente la bomba de 120 segundos, y una apertura de válvulas de pérdida de presión y corte en la cámara de ebullición de 10 Segundos.

13. Etapa VI – Prototipo funcional.

- **Prototipo en marcha y evaluación de su utilidad.**

Para el desarrollo de la prueba final del prototipo, se agregó agua azucarada, de una muestra de la empresa, Embotelladora Capri. En este caso, se tomó la bebida más concentrada en azúcar, la bebida de Cola Negra.



Ilustración 77. Inicio de Pruebas, agregamos agua azucarada.



Ilustración 78. Obtenemos la temperatura adecuada para arrancar el proceso.



Ilustración 79. Generamos el vacío adecuado al sistema.

En este caso para comprobar el funcionamiento del sistema, se realizó la prueba con 20 L de agua azucarada.

Como resultado se obtuvo 17 litros de agua tratada, se mantuvo en nivel de 3 Litros dentro de la cámara de ebullición, para evitar que se quemara la resistencia, por quedar sin recubrimiento, para realizar la transferencia de calor al líquido.

En este caso se obtuvo una eficiencia en la recuperación de agua del 85% pero en tiempo, se extendió a 6.41 horas, por lo cual la eficiencia del sistema en tiempo es de 63.618% según las pruebas realizadas anteriormente, las cuales arrojaron un mejor rendimiento. Este rendimiento se vio afectado por el tiempo de trabajo, debido a que se calienta el sistema y el intercambiador de calor instalado, no es de mayor eficiencia. Para mejorar el prototipo, se debe cambiar por uno de mayor capacidad de refrigeración.



Ilustración 80. Salida de Agua tratada.

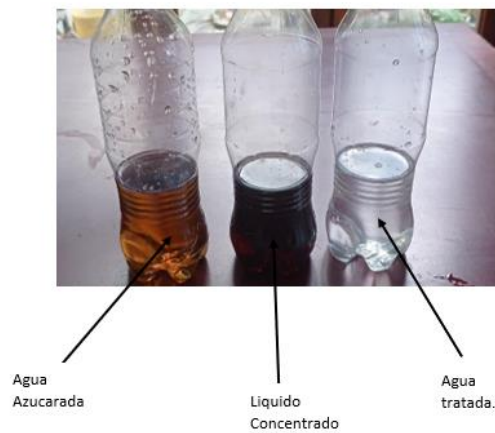


Ilustración 81. Comparación de los tres líquidos del sistema.

El análisis de agua tratada se realizó en un refractómetro, el cual indicó que cantidad de grados brix. Es decir, si existe azúcar en el líquido. Se puede observar la diferencia entre el agua azucarada del inicio del proceso y el color del líquido concentrado al final del proceso más agua tratada en el prototipo.



Figura. 1. Refractómetro

Finalmente, se obtuvo que el agua tratada por el sistema no tiene presencia de azúcar, se observó un tono más blanco en comparación con agua del acueducto, debido al proceso de condensación que sufre el líquido.

- **Resultados.**

Como resultado final, se obtuvo un máximo de agua tratada y recuperada de 4218mL/h con un máximo de vacío de -500mmHg a una temperatura de equilibrio de 57.5°C , para uso en otras actividades, como por ejemplo lavado nuevamente de botellas, labores de limpieza y desinfección en la planta de alimentos, maquinaria, entre otras . En el caso de implementar este nuevo proceso en la empresa de bebidas Embotelladora Capri Ltda, debe ser de una capacidad 85 L/h aproximadamente.

- **Conclusiones.**

Los sistemas existentes para tratamiento de agua azucarada se basan en calentamiento de agua para realizar la separación de dos sustancias, solvente y soluto de una mezcla homogénea, al realizar una diferencia de presión atmosférica en el interior del sistema, se genera un ahorro energético, al reducir la temperatura de ebullición para separar la mezcla interna, evaporando agua sin necesidad de una temperatura elevada.

El principal procedimiento de operación del prototipo se basa en la presión de saturación del agua azucarada a temperaturas distintas , lo que genera la posibilidad de tener puntos

de ebullición a temperatura iguales a las del medio ambiente, pero dependiendo de la presión negativa que se pueda generar.

El sistema de tratamiento utiliza una bomba eléctrica de vacío que ayuda al tratamiento de aguas residuales, la presión negativa es importante debido a que la mezcla interior de agua azucarada necesitará una temperatura inferior a la presión atmosférica para llegar al punto de ebullición, cuanto mayor sea la diferencia entre temperatura y presión negativa, mayor será rapidez de evaporación. Dependiendo de la capacidad de máxima de vacío del sistema de calentamiento y evaporación de agua, se puede obtener un rendimiento mayor del 90% y un menor consumo de energía eléctrica.

Entre los tipos de evaporadores según elementos de trabajo necesarios para cada tipo de proceso y funcionamiento, la mejor elección y diseño fue un evaporador con bomba de vacío y resistencia eléctrica, partiendo de un diseño del referente teórico, pero realizando cambios en el sistema de refrigeración para condensar y la ubicación de la bomba de vacío en circuito cerrado del prototipo. El diseño tuvo cambios para lograr alcanzar un mejor rendimiento, todos los cambios realizados en acciones y correcciones registradas ayudaron en el diseño y lo mejoró, tanto el diseño y tiempos corregidos, en el sistema mecánico y eléctrico son esenciales para el buen funcionamiento del prototipo.

En la construcción mecánica fue indispensable incluir elementos de control como un manómetro de vacío para identificar la presión generada por la bomba de vacío, para realizar los registros de presión e identificar fugas, el sistema no puede tener fugas en ningún momento, también un controlador de temperatura el cual mantiene un rango de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ con un control On/Off permitiendo que en todo momento se obtenga información de estas dos variables. En el caso que se pierda vacío, se suba o baje la temperatura no se puede tener un aporte significativo de información para analizar las pruebas, además de ser el punto crítico para la presión y temperatura de saturación del líquido a tratar, estos cambios crearían un sistema ineficiente en generar vapor y se vería afectado la cantidad de agua condensada, siempre se debe mantener la temperatura y presión adecuada, la cual fue de -500 mmHg y 57.5°C para el mayor rendimiento del sistema aportando en la sostenibilidad ambiental y ser una industria innovadora, en este caso en el sector alimentario con elementos no contaminantes.

Para aumentar capacidad de condensado de agua se diseñó un sistema eléctrico y de programación, se instalaron dos válvulas solenoides, cuya función de la primera válvula es mantener la presión negativa del evaporador de agua y la función de la segunda válvula es abrir el sistema cerrado. Al mantener la cámara de ebullición con presión negativa y temperatura, la evaporación no se detendrá. Pero al abrir el sistema cerrado del condensador de agua a presión atmosférica, cambiara de fase de estado gaseoso a líquido dentro del condensador, además de enfriar más rápido el sistema de condensado. Se puede

condensar vapor, perdiendo presión negativa en el sistema, por lo cual se hace mas eficiente, con ciclos de apertura controlados con el PLC se genera un mejor rendimiento en la condensación de agua, por lo que aumenta el rendimiento y disminuye el consumo energético, al necesitar solo dos extractores en el sistema de condensación del prototipo. Básicamente la pérdida de presión negativa obliga al sistema de condensación a generar un mayor rendimiento al disminuir la diferencia entre temperatura y presión.

Todas las pruebas y mejoras aportaron al sistema mecatrónico significativamente, las válvulas nombradas anteriormente, la presión de vacío hace que se requiera menor temperatura y por lo tanto necesita menos refrigeración en el sistema de condensado, entre mayor sea el vacío alcanzado menor temperatura para ebullición del agua, el diseño mecánico como eléctrico trabajaron en conjunto el uno para el otro, se deben garantizar que no exista mayor cambio en las variables indispensables (Presión y temperatura).

Fue indispensable tener un control de las variables termodinámicas del agua (temperatura, presión y volumen) se debe dejar espacio en el evaporador de agua, para obtener también cierta cantidad de gas acumulado, otra variable termodinámica más, la detección de fugas y correcciones para alcanzar un mayor vacío fueron indispensables para llegar al control de todas las variables, la capacidad del equipo dependía del número de variables. Menores cambios en las variables se traducen en mayor capacidad del equipo y así mismo.

Los análisis de datos y su respectiva comparación fueron indispensables para obtener los mejores resultados, fue posible analizar los sistemas existentes para recuperación de agua. Se realizo el ensamble del prototipo electromecánico, cumpliendo con la recuperación de agua azucarada y todos los elementos mecánicos y eléctricos aportan para un mayor rendimiento del prototipo.

Finalmente, el prototipo es funcional con un rendimiento en la recuperación de agua de 85%, se puede reutilizar esta agua para nuevamente realizar el lavado de botellas o actividades en donde se necesite agua limpia debido a que es agua tratada, fue necesario un sistema para condensado de agua con menor necesidad de refrigeración a medida que subió la presión negativa en el interior del sistema, si se pudiera tener un máximo de vacío mayor, la condensación debería ser más eficiente, estaría más frio todo el sistema por el material de construcción en acero inoxidable, que se calienta por trasferencia de calor a medida que avanza el tiempo de funcionamiento.

- **Trabajos futuros.**

Mejorar el sistema de condensación, considerando un compresor para mejorar la eficiencia del condensado de agua, debido a las ventajas de transferencia de calor, al reemplazar los ventiladores por un intercambiador de calor indirecto, la transferencia de calor se realizaría por contacto con las paredes, generando frío en el sistema de condensación actual.

Explorar alternativas de bombas de vacío que no requiera lubricación para que sea un sistema totalmente cerrado.

Construir un prototipo a mayor escala para optimizar las capacidades del sistema y realizar un mejor aprovechamiento que lleve a la construcción e implementación del equipo para la necesidad real de la empresa Embotelladora Capri Ltda de 85 L/h.

Examinar y verificar en que otros procesos este sistema puede ayudar a disminuir y tratar agua contaminada, en empresas del sector alimentario u otro tipo de industria

.

- **Recomendaciones.**

Tener presente los sistemas de refrigeración para condensar agua, deben ser de mayor eficiencia que el serpentín utilizado en este caso, optar por un intercambiador de calor, dimensionar y calcular la capacidad necesaria, según lo requerido en cada proyecto.

Buscar una mejor alternativa en la bomba de vacío, evitando que sea lubricada por aceite y generar un menor impacto medio ambiental por el uso de recursos contaminantes.

Bibliografía

ABB. (2019). *Sistemas Autónomos-DE LA AUTOMATIZACIÓN A LOS SISTEMAS AUTÓNOMOS*. ABB.

AGRONEGOCIOS. (2023). *LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS SUBE 30% CON EL USO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS*. Obtenido de <https://acortar.link/FyLMts>

Alcandía Municipal de Chía. (2020). *Operación PTAR Chía I*. Obtenido de <https://www.chia-cundinamarca.gov.co>

- BETELGEUX. (2020). *Diseño higiénico en la industria alimentaria*. Obtenido de <https://www.betelgeux.es/blog/2015/03/25/disenio-higienico-en-la-industria-alimentaria/>
- Carles, J. (2018). *Panorama2go*. Obtenido de Panorama2go: <https://www.panorama2go.com/ambiente-controlado-nueva-revolucion-agricola/>
- Centro de Estudios Demográficos, U. y. (04 de 2015). *Crisis global, económica, social y ambiental*. Obtenido de <https://acortar.link/kui41B>
- Chía., E. p. (10 de 06 de 2020). LA PTAR I DE CHÍA. pág. <https://elperiodicodechia.com>.
- Condorchem Envitech. (2023). *Tratamientos de Aguas Residuales*. Obtenido de Evaporadores al Vacío. .
- Cruz, J. V. (30 de 10 de 2017). *El avance de la automatización en la agricultura*. Obtenido de <https://redagricola.com/el-avance-de-la-automatizacion-en-la-agricultura/>
- CRUZ, P. A. (2018). *Características y tratamientos de aguas residuales* . Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/?sequence=1>
- DANE. (2024). *DANE - CHÍA*. Obtenido de <https://sitios.dane.gov.co/>
- Embotelladora Capri LTDA. (2018). *Política Ambiental*. Obtenido de <https://embotelladoracapri.com/>
- Fernandes, A. Z. (2020). *Destilación, separación de Mezclas*. Obtenido de <https://www.diferenciador.com/metodos-de-separacion-de-mezclas/>
- Hall, L. (10 de 2 de 2020). *NASA*. Obtenido de NASA: https://www.nasa.gov/solve/Growing_Beyond_Earth_Maker_Contest
- Héctor, R. M. (2015). Sistema automatizado para la evaluación de explotación de las máquinas agrícolas. *Universidad Agraria de La Habana* (, 1-5.
- Hernández, J. (2019). *Technologies for the recycling of wastewater*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276011/>
- Herrera, J. A. (2021). *Balances de materia y energía aplicados a la investigación*. Obtenido de <https://editorial.uamerica.edu.co/index.php/editorial/catalog/download/3/8/94?inline=1>
- Interempresas. (2017). *La robótica aumenta la productividad en alimentación, envase y embalaje*. Obtenido de <https://acortar.link/R90mJG>
- Kosai, T. (2015). *Plant Factory*.
- Kozai. (2007). Propagation, grafting, and transplant production in closed systems with artificial lighting for commercialization in Japan. En Kozai, *Propagation, grafting, and transplant production in closed systems with artificial lighting for commercialization in Japan* (págs. 145-149). J.Ornamental Plants.

- Luis Ernesto Alférez Rivas, N. N. (2019). *PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)*. Obtenido de IMPACTO AMBIENTAL ESPERADO E IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/tratamiento-aguas-residuales.html>
- Minciencias. (s.f.). *CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 1991*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/ConstitucionPoliticaColombia-1991.pdf>
- Ministerio de Educación Nacional. (04 de 05 de 2021). *ANTECEDENTES Y RAZONES DE OPORTUNIDAD Y CONVENIENCIA QUE JUSTIFICAN SU*. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-406545_recurso_2.pdf
- Montañez, G. A. (s/f). *Urbanización y conflicto en la Sabana de Bogotá*. Obtenido de <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/1884>
- Nisbett, R. G. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley*. Mexico: The McGraw-Hill C.
- ONU-DAES. (24 de 11 de 2014). *El Agua Fuente de Vida*. Obtenido de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_energy.shtml
- OpendMind BBVA. (27 de 04 de 2021). La tecnología aporta soluciones innovadoras para el problema del agua.
- Proenza. (17 de 05 de 2017). *wradio*. Obtenido de wradio: <https://www.wradio.com.co/noticias/economia/agricultura-en-ambiente-controlado-solucion-a-cambio-climatico-en-a-latina/20170517/nota/3466049.aspx>
- Quesada, J. L. (2009). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25470w/470609366-Huella-ecologica-y-desarrollo-sostenible-pdf.pdf>
- Rache, J. M. (2021). *Introducción a la termodinámica estadística*. Obtenido de <http://fronterasdelconocimiento.com/w3/?p=2253> (Doctoral dissertation).
- Rache, J. M. (s.f.). *Introducción a la termodinámica estadística: fotones y fonones, Imagen de portada tomada de*. Obtenido de <http://fronterasdelconocimiento.com/w3/?p=2253> (Doctoral dissertation).
- Stake, M. y. (2011). Validación y confiabilidad de la investigación. En D. M. QUINTERO, *POLITICAS PÚBLICAS EN SALUD Y SU IMPACTO EN EL*.
- Tanoira, F. G. (s.f.). *La responsabilidad social empresarial*. Obtenido de Un estudio en cuarenta empresas de la ciudad de Mérida: <https://acortar.link/pf6SYD>
- UN. (2019). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>

- Universidad Nacional de Colombia. (2023). *INGENIERÍA MECATRÓNICA*. Obtenido de <https://ingenieria.bogota.unal.edu.co/es/formacion/pregrado/ingenieria-mecatronica.html>
- Universidad Nacional del Sur. (s/f). *SOFTWARE - SISTEMAS OPERATIVOS*. Obtenido de <https://cs.uns.edu.ar/materias/iocp/downloads/Apuntes/Unidad%20%20-%20Software.pdf>
- Urbina, R. O. (2021). *Simulación numérica del equilibrio térmico*. Obtenido de <http://revista.unibagua.edu.pe/index.php/dekamuagropec/article/view/47>
- URREA, P. (2019). *Cámara de Ambiente Controlado para la Supervivencia de Plantas e Insectos*. Obtenido de <https://acortar.link/loFuY0>
- Villagrán, J. L. (s/f). *ANÁLISIS DE RIESGOS PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS QUE*. Obtenido de <https://acortar.link/YybDwR>
- Wagner, D. (26 de 05 de 2017). *Peligros ocultos de las plantas de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de Industrial Scientific: <https://acortar.link/i8JvAc>
- ZURITA, P. W. (2015). *Diseño de plantas para bebida Carbonatada de jugo clasificado de Mora (Rubis Glaucus Benth) por microfiltración Tangencial*. Escuela Politécnica Nacional.