



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**SIMULACIÓN Y MODELAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE  
UNA BEBIDA CARBONATADA ENDULZADA CON MIEL DE  
AGAVE (*AGAVE AMERICANO*)**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Propuesta Tecnológica

Presentando para optar el grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR:** JAIME JONATHAN LEÓN VERA

**DIRECTORA:** ING. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba-Ecuador

2021

© 2021, Jaime Jonathan León Vera

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jaime Jonathan León Vera, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de Agosto de 2021

**Jaime Jonathan León Vera**

**080359354-0**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación Tipo: Propuesta Tecnológica, **SIMULACIÓN Y MODELAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA CARBONATADA ENDULZADA CON MIEL DE AGAVE (AGAVE AMERICANO)**, realizado por el señor: **JAIME JONATHAN LEÓN VERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Raúl Leandro Dávalos Monteiro MSc <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>RAUL LEANDRO DAVALOS MONTEIRO</b>	2021-10-13
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS</b>	2021-10-13
Ing. Cristian Germán Santiana Espín MSc <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	<b>CRISTIAN GERMAN SANTIANA ESPIN</b> <small>Firmado digitalmente por: CRISTIAN GERMAN SANTIANA ESPIN DN: cn=CRISTIAN GERMAN SANTIANA ESPIN, c=EC, o=SECURITY DATA S.A. 1 e=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION Motivo: Soy el autor de este documento Ubicación: Robamba-Ecuador Fecha: 2021-09-20 16:53:05:00</small>	2021-10-13

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a los esfuerzos de mis padres Jaime León y Cruz Vera, los cuales estuvieron conmigo con el apoyo incondicional de las palabras de ánimo en todo momento y lugar, desde el inicio de mis estudios para poder lograr la meta que me he propuesto, a pesar de los problemas financieros siempre buscaron la manera de empujarme y no dejarme desfallecer con mis sueños, a mis hermanos los cuales con sus palabras de aliento no dejaron que me retire y cada día fueron de gran ayuda para poder alcanzar esta meta.

A mis amigos y docentes los cuales me acompañaron en mi formación académica, brindadome tales conocimientos que me han ayudado a formarme para llegar a ser la persona que soy hoy en día.

Jaime.

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por haberme dado la oportunidad de formarme como persona y poder obtener el título de profesión, para poder ayudar en la sociedad con los conocimientos obtenidos dentro de las instalaciones de la universidad.

A mi familia, docentes y amigos por su apoyo y comprensión en toda la formación como profesional.

Jaime.

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii

### CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Planteamiento del problema.....	2
1.3.	Justificación del proyecto.....	2
1.4.	Objetivos.....	3
1.4.1.	<i>Objetivo General</i> .....	3
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.5.	Alcance.....	4

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Estado del Arte.....	5
2.1.1.	<i>Miel de Agave</i> .....	5
2.1.2.	<i>Usos y propiedades de la miel de Agave</i> .....	5
2.1.3.	<i>Bebidas Carbonatadas</i> .....	6
2.1.4.	<i>Ingredientes para la elaboración de las bebidas carbonatadas</i> .....	8
2.1.5.	<i>Fabricación de las bebidas carbonatadas</i> .....	8
2.1.6.	<i>Carbonatación</i> .....	10
2.1.7.	<i>Tecnología de carbonatación</i> .....	10
2.1.8.	<i>Carbonatación por Batch</i> .....	10
2.1.9.	<i>Carbonatación por inyección</i> .....	11
2.1.10.	<i>Efectos de la presión y temperatura en el proceso de carbonatación</i> .....	12
2.1.11.	<i>DWSIM</i> .....	12
2.1.12.	<i>Características de DWSIM</i> .....	13

2.1.13.	<i>Modelado por maquetación</i> .....	15
2.1.14.	<i>FLEXSIM</i> .....	15
2.1.15.	<i>Recursos de FLEXSIM</i> .....	16
2.2.	<b>Marco legal.</b> .....	16
2.2.1.	<i>Licencia de DWSIM</i> .....	16
2.2.2.	<i>Licencia de FLEXSIM</i> .....	16

### CAPÍTULO III

3.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	17
3.1.	<b>Pasos de la Metodología</b> .....	17
3.2.	<b>Generalidades del proceso</b> .....	17
3.2.1.	<i>Parámetros que debe contener la bebida carbonatada</i> .....	17
3.2.2.	<i>Materia prima por utilizar</i> .....	18
3.2.3.	<i>Diagrama del proceso de elaboración de la bebida carbonatada endulzada con miel de Agave</i> .....	19
3.3.	<b>Simulación del proceso en DWSIM</b> .....	19
3.3.1.	<i>Condiciones iniciales de la simulación</i> .....	19
3.3.2.	<i>Primera etapa en la simulación</i> .....	20
3.3.3.	<i>Segunda etapa del proceso</i> .....	22
3.3.4.	<i>Tercera etapa del proceso</i> .....	23
3.3.5.	<i>Cuarta etapa del proceso</i> .....	24
3.3.6.	<i>Quinta etapa del proceso</i> .....	25
3.4.	<b>Simulación del proceso en FLEXSIM</b> .....	25
3.4.1.	<i>Condiciones iniciales de la simulación</i> .....	25
3.4.2.	<i>Primera etapa de la simulación</i> .....	26
3.4.3.	<i>Segunda etapa de la simulación</i> .....	27
3.4.4.	<i>Tercera etapa de la simulación</i> .....	28
3.4.5.	<i>Cuarta etapa de la simulación</i> .....	29
3.4.6.	<i>Quinta etapa de la simulación</i> .....	29

### CAPÍTULO IV

4.	<b>GESTIÓN DE PROYECTO</b> .....	31
4.1.	<b>Presupuesto del proyecto</b> .....	31



<b>4.2.</b>	<b>Recursos y materiales .....</b>	<b>31</b>
<b>4.3.</b>	<b>Discusión y análisis de resultados .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3.1.</b>	<b><i>Resultados de simulación en DWSIM .....</i></b>	<b>32</b>
<b>4.3.2.</b>	<b><i>Resultados de la simulación en FLEXSIM .....</i></b>	<b>36</b>
<b>4.4.</b>	<b>Balance de masa del proceso .....</b>	<b>37</b>
<b>4.4.1.</b>	<b><i>Balance de masa de las etapas del proceso .....</i></b>	<b>37</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>41</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Composición Físico-Química de la miel de Agave .....	7
<b>Tabla 2-2:</b>	Composición de minerales de la miel de Agave.....	7
<b>Tabla 3-2:</b>	Características de DWSIM .....	13
<b>Tabla 4-2:</b>	Recursos de FLEXSIM.....	16
<b>Tabla 1-3:</b>	Parámetros Físicos-Químicos para la elaboración de bebidas carbonatadas .....	18
<b>Tabla 2-3:</b>	Receta para elaboración de 1000ml de bebida carbonatada .....	18
<b>Tabla 3-3:</b>	Condiciones iniciales del proceso para la simulación .....	19
<b>Tabla 4-3:</b>	Parámetros que debe cumplir el agua.....	20
<b>Tabla 5-3:</b>	Tiempos de operación etapa 1 (FLEXSIM) .....	27
<b>Tabla 6-3:</b>	Tiempos de operación etapa 2 (FLEXSIM) .....	28
<b>Tabla 7-3:</b>	Tiempos de operación etapa 3 (FLEXSIM) .....	28
<b>Tabla 8-3:</b>	Tiempos de operación etapa 4 (FLEXSIM) .....	29
<b>Tabla 9-3:</b>	Tiempos de operación de la etapa 5 (FLEXSIM).....	30
<b>Tabla 1-4:</b>	Presupuesto del proyecto.....	31
<b>Tabla 2-4:</b>	Comparación de flujos de salida a las temperaturas trabajadas.....	32
<b>Tabla 3-4:</b>	Parámetros recomendados para la etapa 2.....	35
<b>Tabla 4-4:</b>	Parámetros recomendados para la etapa 3.....	35
<b>Tabla 5-4:</b>	Parámetros recomendados para la etapa 4.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Diagrama del proceso de elaboración de bebidas carbonatadas .....	9
<b>Figura 2-2:</b>	Funcionamiento de Carbonatadores por Batcheo .....	11
<b>Figura 3-2:</b>	Funcionamiento de carbonatadores por inyección.....	12
<b>Figura 4-2:</b>	Interfaz de DWSIM.....	13
<b>Figura 5-2:</b>	Interfaz de FLEXSIM .....	15
<b>Figura 1-3:</b>	Compuestos utilizados dentro de la simulación (DWSIM).....	21
<b>Figura 2-3:</b>	Selección del paquete Termodinámicos (DWSIM) .....	22
<b>Figura 3-3:</b>	Simulación de la segunda etapa del proceso (DWSIM).....	22
<b>Figura 4-3:</b>	Simulación de la tercera etapa del proceso (DWSIM).....	23
<b>Figura 5-3:</b>	Simulación de la cuarta etapa del proceso (DWSIM).....	24
<b>Figura 6-3:</b>	Simulación completa del proceso (DWSIM) .....	25
<b>Figura 7-3:</b>	Selección de unidades a manejar en el Simulador (FLEXSIM) .....	26
<b>Figura 8-3:</b>	Simulación de la primera etapa del proceso (FLEXSIM).....	26
<b>Figura 9-3:</b>	Simulación de la segunda etapa del proceso (FLEXSIM) .....	27
<b>Figura 10-3:</b>	Simulación de la tercera etapa del proceso (FLEXSIM) .....	28
<b>Figura 11-3:</b>	Simulación de la cuarta etapa del proceso (FLEXSIM).....	29
<b>Figura 12-3:</b>	Simulación de la quinta etapa del proceso (FLEXSIM) .....	30
<b>Figura 1-4:</b>	Simulación terminada del proceso (DWSIM).....	32
<b>Figura 2-4:</b>	Resultados de la simulación con carbonatación a 2°C.....	33
<b>Figura 3-4:</b>	Resultados de la simulación con carbonatación a 4°C.....	34
<b>Figura 4-4:</b>	Resultados de la simulación con carbonatación a 10°C.....	34
<b>Figura 5-4:</b>	Simulación completa del proceso de producción de la bebida .....	36

## **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

<b>Gráfico 1-3:</b> Pasos de la metodología del trabajo de titulación.....	17
<b>Gráfico 2-3:</b> Diagrama de flujo del proceso de producción de bebida carbonatada .....	19

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO A.:</b> TABLA PARA CARBONATACIÓN FORZADA CON CO	
--	--

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realizó la simulación del proceso para la elaboración de una bebida carbonatada endulzada con miel de agave, se extrajeron los datos utilizados de la realización de la investigación la Miel de Agave y la norma NTE INEN 1101 la cual nos muestra los porcentajes de cada parámetro que debe cumplir una bebida carbonatada, se estimó las variables indicadas en el proceso para poder cumplir con cada paso en su elaboración, fue utilizado el software DWSIM para simular cuyo proceso, el cual se realizó hasta la etapa 3 de la misma manera hasta donde se obtiene ya elaborado la bebida no carbonatada, y por consiguiente la etapa 4 que fue la donde se realizó la carbonatación del proceso, fue hecha a diferentes temperaturas para obtener la más eficiente. En esta etapa se logró establecer la temperatura más recomendable para poder carbonatar dicha bebida, la cual es a 4°C, a su vez cuya temperatura se utilizará para almacenar dicho producto ya elaborado. Se utilizó el software FLEXSIM el cual nos permitió simular cada etapa del proceso de elaboración de la bebida, en el aspecto de funcionamiento dentro de una empresa con el tiempo necesario para que se cumpla dicha acción, la simulación fue realizada para una planta que labora desde las 8:00 am hasta las 9:pm, la elaboración de cada lote dura aproximadamente 1h40min.

**Palabras clave:** <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <MIEL DE AGAVE>, <DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)>, < CARBONATACIÓN>, <PROCESO INDUSTRIAL>, <BEBIDA CARBONATADA>, <DWSIM (SOFTWARE)>, < FLEXSIM (SOFTWARE)>.



0813-DBRAI-UPT-2021

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to simulate the process for the elaboration of a carbonated drink sweetened with agave honey. The data were obtained from the Agave Honey investigation and the NTE INEN 1101 standard which shows the percentages that the parameters of a carbonated drink must meet, the variables indicated in the process were estimated to be able to comply with each step in its elaboration. DWSIM software was used to simulate the process that was done until stage 3, and so on until the non-carbonated drink was obtained, stage 4 carried out the carbonation of the process. This process was done with different temperatures to obtain the most efficient. In this stage, it is possible to establish that the temperature of 4 ° C is the most recommended to be able to carbonate this drink. This temperature is also used to store the elaborated product. FLEXSIM software was used to simulate each stage of the process in the elaboration of the drink, in the operation of a company using the time necessary for this action to be fulfilled, the simulation was carried out for a plant that works from 8 12:00 am to 9:00 pm, the preparation of each batch lasts approximately 1h40min.

**Keywords:** <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <AGAVE HONEY>, <CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>)>, <CARBONATION>, <INDUSTRIAL PROCESS>, <CARBONATED BEVERAGE>, <DWSIM SIMULATOR>, <FLEXSIM (SOFTWARE)>.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

El *Agave Americano* es una planta que tiene una forma extraña y un perfil espinoso, esta planta se calcula que tiene una relación con el hombre desde hace 9000 a 10000 años a.c en la antigua Mesoamérica, con su inicio y asentamiento en la agricultura, tiene su origen en el país de México, diversos autores aseguran que esta fue una de las primeras especies cultivadas en esta región junto al poroto y el maíz (FAOSTAT, 2020).

El uso de esta planta en la alimentación ha sido muy importante y continúa siendo sobre todo en México y en Centro América, que es donde más la utilizan, los nativos de México lo utilizaban para crear lápices, agujas y claves, el tronco y la base de esta planta era utilizada para comerlos asados. El aguamiel o también llamado *Chaguarmishqui*, el cual es la savia de esta planta es un alimento el cual lo toman como tal o también se realiza su concentrado para poder realizar una miel la cual puede ser utilizada para endulzar diferentes tipos de bebidas como estimulantes o también bebidas fermentadas (FAOSTAT, 2020).

Además de los antiguos países de la Mesoamérica y México esta planta se da en el arco andino, los cuales son: Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, en donde esta planta aparte de la extracción del *Chaguarmishqui* también es usada para elaboración de artesanías, alimentos y otros productos, lo cual hizo que formara parte de otras culturas e historias (FAOSTAT, 2020).

En Ecuador esta planta tiene existiendo cientos de años, fue y es venerada y también considerada una planta sagrada por brindarle materia prima al hombre hace cientos de años, se le conoce como “Cabuya Negra” o “Penca”, esta planta es usada por los indígenas de la Sierra Ecuatoriana como materia prima para elaborar vestimentas, comida, techo y bebida en los tiempos de sequía, pero a una escala muy pequeña limitando su conocimiento de usos a nivel del resto del país.

Por otro lado, en los últimos años la Tecnología ha dado gran paso hacia el futuro, ayudándonos a visualizar y predecir: eventos, inventos y proceso, que se puedan realizar ahorrándonos muchos pasos, dinero y tiempo. Los Software de simulación de procesos se utilizan teniendo en cuenta los datos de entrada para un producto, servicios producidos, el itinerario, los pasos de apoyo y el tiempo de producción.

La utilización de los softwares de simulación se ha vuelto una herramienta muy elemental en las industrias, lo cual ha ayudado a disminuir los riesgos y problemas que pueden suceder al implementar una maquinaria o un nuevo material, a su vez el modelamiento por maquetado ha servido para simular desde viviendas a procesos de elaboración de algún producto, mostrándonos

en manera 3D como sería y cuanto personal deberíamos tener para poder realizar o cumplir dicha acción.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El Agave Americano es una planta la cual se adapta a tierras áridas y secas, esta planta a nivel mundial es originaria de México pero en la actualidad la podemos encontrar en todo lo que son los valles Interandino, por lo general es reconocida por ser la fuente principal para la fabricación del tequila, en donde el Ecuador es considerado el cuarto país a nivel mundial con una producción 4411 toneladas por año de Agave según (FAOSTA, 2020).

Esta planta en nuestro país la podemos localizar en las provincias de Imbabura, Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Bolívar, Azuay, Cañar, Loja y Guayas, en nuestro país el Agave Americano es conocido como Cabuya o Penco negro, esta es utilizada cumpliendo diferentes usos, ya sea para la obtención de fibras y la bebida llamada *Chaguarmishqui*, la cual es evaporada para así lograr obtener la miel de Agave, en el Ecuador el conocimiento ancestral de la utilización de esta planta se ha ido perdiendo por falta de programas de mejoramiento y de fabricación de productos a partir del Agave (Vargas, 2014, p.32).

Según la asociación de productores de Agave en Ecuador solo la utilizan para la extracción de fibra, la fermentación de la planta para obtener el tequila, la obtención del *Chaguarmishqui* y obtención de miel de Agave, pero no se ha creado o utilizado para la realización de nuevos productos de manera artesanal como también de manera industrial (Cobo, 2016, p.42).

La falta de conocimiento de las utilidades y de los productos que se pueden obtener hace que no se aproveche esta planta, la miel de Agave que se obtiene de esta planta contiene valores nutricionales interesantes según (Bautista D. y Arias A, 2008, p.28) y a su vez lo hace que este sea un producto probiótico al cual le podemos dar muchos usos y crear nuevos productos.

Pero la producción y el diseño de la obtención de dicha bebida carbonatada requerirá de largas jornadas en el desarrollo de balances de materia por el método convencional provocando una gran inversión en tiempo y costos de producción disminuyendo así la eficiencia en su elaboración.

Esto ha provocado que se busquen nuevas alternativas que nos ayuden a optimizar tiempo y costos, tal es el caso del uso de herramientas tecnológicas que nos permitan simular procesos en un tiempo relativamente menor y por ende costos de producción menores.

## **1.3. Justificación del proyecto**

Examinando el problema, el presente trabajo se basará en el diseño y simulación de la obtención de una bebida carbonatada endulzada con miel de Agave (*Agave americano*), la cual es una



propuesta novedosa en la actualidad y en el país ya que no hay un producto que se comercialice utilizando como endulzante natural la miel de Agave.

En lo cual se utilizará un software para la simulación, en donde se aplicará los conocimientos adquiridos en la formación como Ingenieros Químicos tales como, balances de masa, control de procesos, simulación de procesos, etc. Logrando crear un proceso optimo, rentable e industrial. Por medio de este se busca implementar el uso de la tecnología con el fin de poder obtener un proceso detallado donde se logrará controlar las variables de la elaboración de la bebida, así mismo como la creación de nuevas fuentes de trabajo como aporte para microempresarios que quieran emprender por parte de este proyecto.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

- Simular y modelar de la obtención de una bebida carbonatada endulzada con miel de Agave (*Agave americano*).

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Investigar el proceso de elaboración de bebidas carbonatadas.
- Simular el proceso de elaboración de bebidas carbonatadas utilizando la miel como endulzante en el software DWSIM.
- Evaluar y comparar el proceso de carbonatación a diferentes temperaturas por medio de las simulaciones y el análisis de masa para lograr obtener el más recomendable.
- Modelar mediante el software FLEXSIM el proceso para la producción de bebidas carbonatadas endulzada con miel de Agave.

## **1.5. Alcance**

La utilización de un producto generado de esta planta es algo muy novedoso lo cual podría llegar a mejorar el estilo de vida de las personas que lo utilicen, el siguiente trabajo tiene como meta la simulación de un proceso en el software de código abierto DWSIM, de elaboración de bebidas carbonatadas endulzada con miel de Agave el cual sea eficiente en el ámbito industrial, dando a conocer condiciones adecuadas y rentable que se debe utilizar para la elaboración de dicho producto.

El proceso más optimo será elegido para ser modelado en el software FLEXSIM, pudiendo mostrar cómo debe estar distribuido el personal y cada etapa de la elaboración en 3D, siendo dinámico y de fácil entendimiento para aquellas personas o industria que desee utilizar este trabajo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Estado del Arte

##### 2.1.1. *Miel de Agave*

La miel de Agave su consumo se remonta desde los años 1750 a.c en los pueblos prehispánicos, donde lo mezclaban con cacao, vainilla y otros ingredientes, este solo era para el consumo de reyes y gente de prestigio social muy elevado (Maez, 2010, p.36).

Hoy en día los edulcorantes forman parte de una parte de nuestra dieta ya que estos aportan energía de mayor calidad entre los azúcares refinados o los edulcorantes de las industrias, la miel de Agave es considerada entre los mejores endulzantes naturales que existen, ya que esta es una alternativa al uso de azúcar de caña y otros endulzantes. Esta miel es 1.4 veces más dulce que azúcar de caña y a su vez contiene un bajo índice glucémico, además esta miel tiene una duración de 18 meses, sin requerir refrigeración y sin cristalizarse (Reyes, 2014, p.27).

Las leyes mexicanas el CODEX ALIMENTARIO DE LA MIEL DE AGAVE, esta es un endulzante de muy baja viscosidad y muy soluble por su alta composición en fructosa, esto hace que este alimento tenga un nulo crecimiento de bacterias y hongos lo cual le da una vida muy larga en el anaquel (CODEX, 2016, p.7).

En el Ecuador se le conoce a este producto como “miel de cabuya” o miel de penco, se lo puede localizar en ciertas provincias del país, Imbabura, Carchi, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Loja, Azuay, Manabí y Guayas, la falta de conocimiento de las propiedades de este alimento ha hecho que no se comercialice a un nivel más industrial (Segovia Baus, 2013, p.17).

La miel de Agave es un producto de la cocción de Chaguarmishqui, en donde es producida por la realización de la hidrólisis de los fructanos que se encuentran almacenados en la planta de Agave, es un endulzante de bajo contenido glucémico comparado con otros endulzantes y de grado alto de fructooligosacáridos (Josa José, 2018, p.67).

##### 2.1.2. *Usos y propiedades de la miel de Agave*

Al pasar del tiempo esta planta ha sido utilizada principalmente para la obtención de bebidas alcohólicas tal el caso de México el tequila y en Ecuador la bebida Chaguarmishqui, también se le ha dado el uso doméstico, la extracción de fibra para realizar manualidades o vestimenta y su uso principal para la elaboración de miel (López Sánchez y Lucero 2014).

Entre sus principales usos la miel de Agave tiene los siguientes:

- **Sustituto del azúcar:** La miel de agave puede ser utilizada para endulzar alimentos ya que este contiene alto porcentaje en fructosa, su bajo índice glucémico hace que sea recomendable para personas diabéticas.

Es un edulcorante natural y puede ser utilizado en elaboración de postres, bebidas frías o calientes ya que este es muy soluble.

- **Ayuda a mejorar la metabolización del organismo.**
- **Prevención de enfermedades:** Esta miel es rica en vitaminas.
- **Apto para personas celiacas:** No contiene gluten.

En la actualidad el uso de la miel de agave es beneficioso para la salud porque contiene proteínas, vitaminas y niacina lo cual ayuda a desintoxicar el cuerpo: limpiar las venas, disminuye los niveles de colesterol, contiene probióticos, aumenta la absorción de minerales, es libre de gluten, entre otros beneficios (Segovia Baus, 2013, p.27).

- Ayuda en la disminución del colesterol.
- Evita el estreñimiento y la mala digestión.
- Evita el cáncer de colon.
- Ayuda al sistema inmune.
- Con la respectiva vigilancia médica puede ser consumida por personas diabéticas por su bajo contenido de glicérico.
- Ayuda a la estimulación de la flora intestinal por la presencia de bífidos y oligo-fructuosa.
- Mejora la absorción de metales como el calcio, hierro y magnesio los cuales son elementales para el ser humano (Ballesteros Sánchez y Simó, 2017, p.127).

### ***2.1.3. Bebidas Carbonatadas***

Las bebidas carbonatadas comienza su fabricación en Nueva York en el año de 1832, cuando John Matthews invento el primer mezclador de agua con dióxido de carbono, la popularidad de la bebida hizo que se conociera muy rápido, la gaseosa más antigua en el continente americano fue la colombiana Kola Román en 1865, luego fue la Ecuatoriana Fioravanti en 1878, luego fue la mexicana Toni-Col que fue producida desde 1887 (Guaman, 2016, p.43).

Fioravanti fue una de las bebidas gaseosas más antiguas del mundo, esta fue adquirida por *Coca-Cola Company* en el año 1991, actualmente produce 600 millones de litros de bebidas al año, lo cual lo hace uno de las 4 bebidas más vendidas a nivel mundial (Maticorena y Torres, 2016, p.52).

Las bebidas carbonatadas se consumen hoy en día en grandes cantidades en todo el mundo, especialmente en occidente, debido a su inmensa campaña promocional que las empresas imponen dentro de la sociedades y también al desconocimiento por parte de la sociedad de los

efectos adversos que trae el ciertas bebidas carbonatadas para el organismo (Guzmán Zurita, 2014, p.27).

Según el Banco Central del Ecuador, el sector de bebidas carbonatadas no alcohólicas contribuye con el 4,62% del Producto Interno Bruto Total, además este sector genera demanda de otras industrias tales como la industria azucarera, envases plásticos y de vidrio. La norma ecuatoriana de bebidas carbonatadas (NTE INEN 2017) nos dicen que estas son las bebidas no alcohólicas y no fermentadas, es el producto de la disolución de edulcolorantes nutritivos y la adición de dióxido de carbono en agua potable tratada, u otros aditivos que pueda permitir la autoridad sanitaria.

**Tabla 1-2:** Composición Físico-Química de la miel de Agave

Parámetros	Valor
pH	4.71
Densidad	1.421
Color	867.47
°Brix	64
Humedad	17.4%
Cenizas	1.35%
Solidos insolubles	1.02%
Acidez	23.46 meq/1000g
Hidroximetilfurfural	54.6 mg/kg
<b>Azucares Reductores totales</b>	73.80%
Sacarosa	5.377%
Glucosa	0.028%
Fructosa	73.77%

Fuente:(López Sánchez y Lucero, 2014).

Elaborado por: León Jaime,2021.

**Tabla 2-2:** Composición de minerales de la miel de Agave

Minerales	(mg%)
Fosforo	33.28
Hierro	0.48
Sodio	46.91
Potasio	115.37
Magnesio	68.16
Calcio	77.02
Zinc	0.55
Cobre	0.24

Fuente:(Ballesteros Sánchez y Simó, 2017).

Elaborado por: León Jaime, 2021.

#### ***2.1.4. Ingredientes para la elaboración de las bebidas carbonatadas***

- Agua tratada.
- Edulcorantes.
- Dióxido de carbono.
- Acidulantes.
- Aromatizantes.
- Colorantes.
- Conservantes.

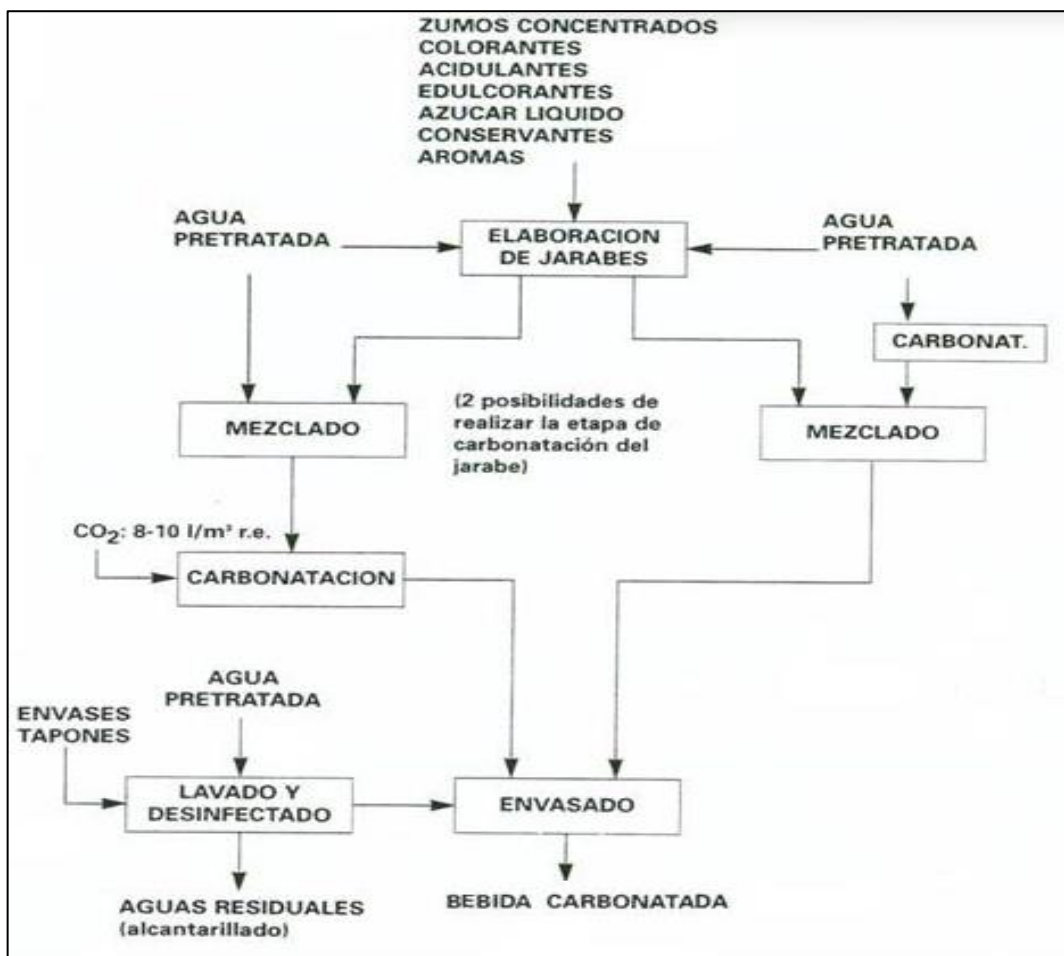
#### ***2.1.5. Fabricación de las bebidas carbonatadas***

- **Tratamiento del agua:** el agua antes de ser utilizada para una bebida debe ser tratada para obtener las características adecuadas: baja dureza y alcalinidad, lo cual ayuda a evitar sólidos en suspensión dentro de las bebidas e incrustaciones de sólidos contenidos en el agua dentro de las tuberías.
- **Tratamiento químico:** este es un proceso el cual incluye un tratamiento y cloración para la desinfección y oxidación de las impurezas que contenga el agua, luego este pasa por un proceso de ablandamiento en donde se usa cal para remover la cantidad de magnesio y bicarbonato de calcio en exceso que contenga
- Cual residuo que quede es removido haciendo pasar el agua por filtros de arena y carbón activado para eliminar cloro y cualquier otro compuesto orgánico, ayudándonos a obtener un agua más deseable sin olores ni sabores fuera de lo común.
- **Ultrafiltración:** en este proceso se remueve aquellas macromoléculas, microorganismos, partículas y pirógenos que se encuentren en el agua, se usa una membrana delgada la cual es selectivamente permeable.
- **Mesclado de ingredientes:** este paso consiste en varias etapas:

La elaboración del jarabe consiste en mezclar el tipo de azúcar a utilizar con agua a una temperatura de 70°C, y calentar hasta obtener una mezcla de entre 45 a 68°Brix (Guzmán Zurita, 2014, p.32).

- Filtrar el jarabe para eliminar impurezas y olores.
- Enfriado.
- Adición de colorante y conservantes en el agua tratada
- Adición del saborizante característico que será presentado.
- Mezclado.

- **Carbonatación:** en este proceso se hace cuando ya está la mezcla entre el jarabe terminado con el agua tratada, luego de esto se debe enfriar la mezcla dependiendo la eficiencia de carbonatador entre 0°C a 22°C, y por consiguiente se adición de CO<sub>2</sub> a la mezcla dentro del tanque carbonatador (Guzmán Zurita, 2014, p.33).
- **Lavado y esterilización de botellas:**
  - **Envases de vidrio:** uso de agua caliente a 55°C y enjuague en agua potable antes del llenado.
  - **Envases de plásticos:** pasan por rociadores de agua clorada a 45 ppm y se enjuagan antes del proceso de llenado.
  - **Llenado:** este proceso se realiza a bajas presiones para que no exista fuga de CO<sub>2</sub> de la bebida y posteriormente se realiza el tapado de las botellas (Guzmán Zurita, 2014, p.32).



**Figura 1-2:** Diagrama del proceso de elaboración de bebidas carbonatadas

Fuente:(Guzmán Zurita, 2014).

### ***2.1.6. Carbonatación***

La carbonatación consiste en inyectar CO<sub>2</sub> en una bebida terminada, en la cual se debe tener en cuenta los efectos que ocasionan la temperatura en el de líquido y la presión gas. Los factores que interviene en la carbonatación son (Guzmán Zurita, 2014, p.32).

- Composición del líquido.
- Temperatura del líquido.
- Cantidad de aire en el sistema.
- Presión del gas.
- Tiempo de contacto.

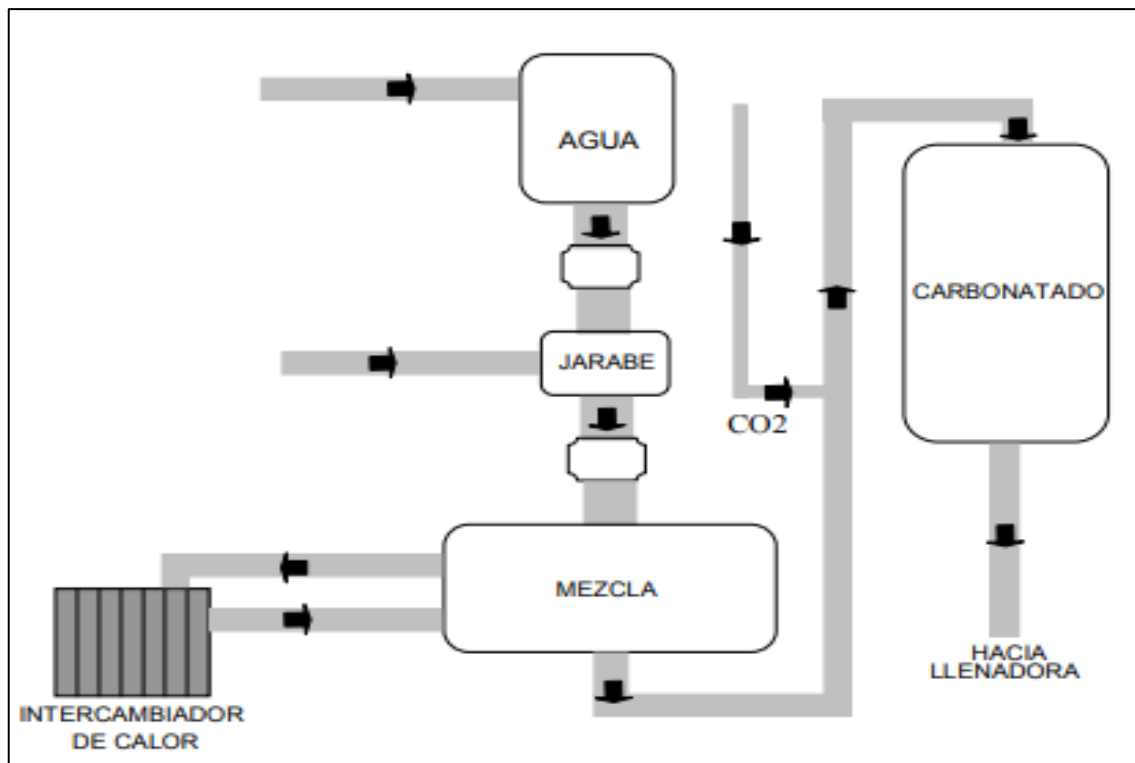
### ***2.1.7. Tecnología de carbonatación***

Los carbonatadores producen bebidas no completamente saturadas, ya que es difícil llegar a una saturación completa y además no es deseada, si se llegara a saturar completamente cualquier variación puede ocasionar que esta se vuelva sobresaturada. Por lo general los carbonatadores producen bebidas con una saturación del 90%, esta característica se reduce dependiendo la cantidad de aire y sedimentos que se contengan la bebida (Maticorena y Torres, 2016, p.63).

### ***2.1.8. Carbonatación por Batch***

Dentro de los equipos de carbonatación de batch los ingredientes de las bebidas se encuentran separados en un tanque el agua y en otro tanque el jarabe ya terminado, debajo de estos se encuentra un tercer tanque en donde se realiza la mezcla de estos, luego de esto se da la operación conocida como “batch” donde se deja caer el agua y el jarabe en el mezclador, en donde los fluidos se mezclan gracias a una bomba de succión la cual los obliga a realizar una recirculación y posteriormente atravesar un intercambiador de calor en forma de placas, en donde se utiliza como líquido refrigerante amoníaco, y finalmente después de obtener la mezcla a una temperatura entre 2 y 22°C esta pasa al tanque de carbonatación donde es agregado el CO<sub>2</sub> (García Valdés, 2003, p.42).



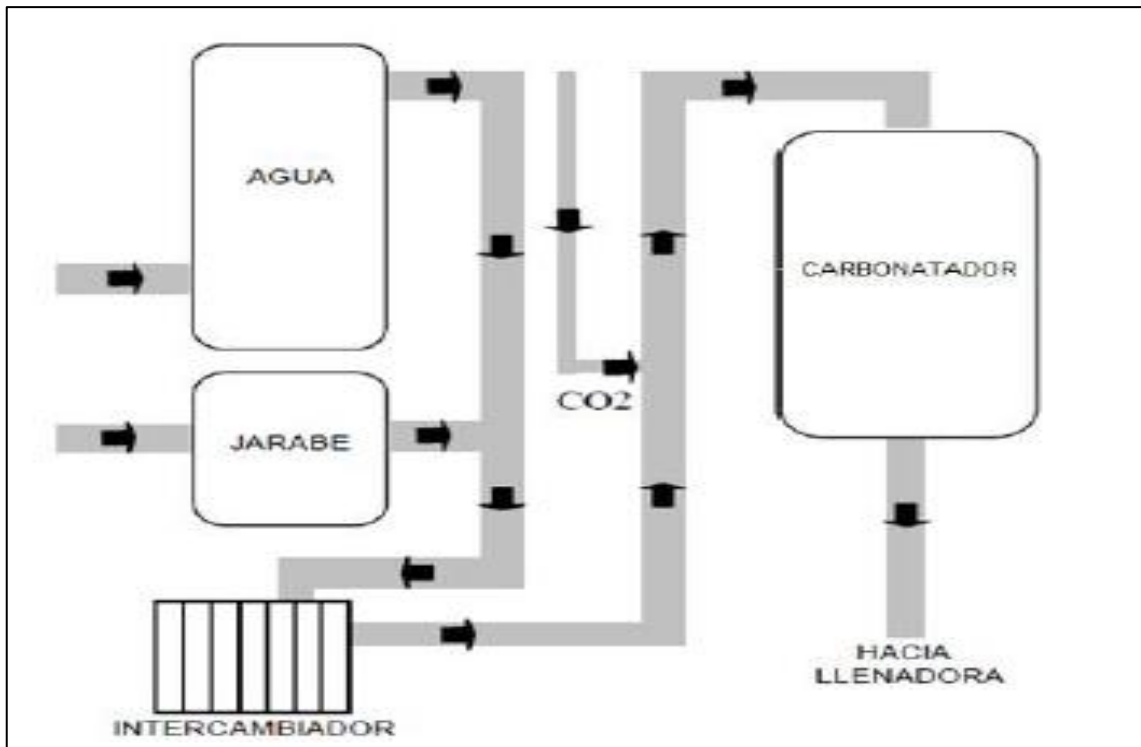


**Figura 2-2:** Funcionamiento de Carbonatadores por Batcheo

Fuente:(García Valdés. 2003).

### *2.1.9. Carbonatación por inyección*

Los carbonatadores por inyección constan de un sistema donde el agua y el jarabe se encuentra en tanques separados, pero la mezcla se da al inyectar jarabe a la corriente de agua la cual se traslada a un intercambiador de calor y posteriormente al tanque de carbonatación. Donde llega con una temperatura entre 4 a 22 °C (García Valdés, 2003, p.44).



**Figura 3-2:** Funcionamiento de carbonatadores por inyección

Fuente: (García Valdés, 2003).

#### ***2.1.10. Efectos de la presión y temperatura en el proceso de carbonatación***

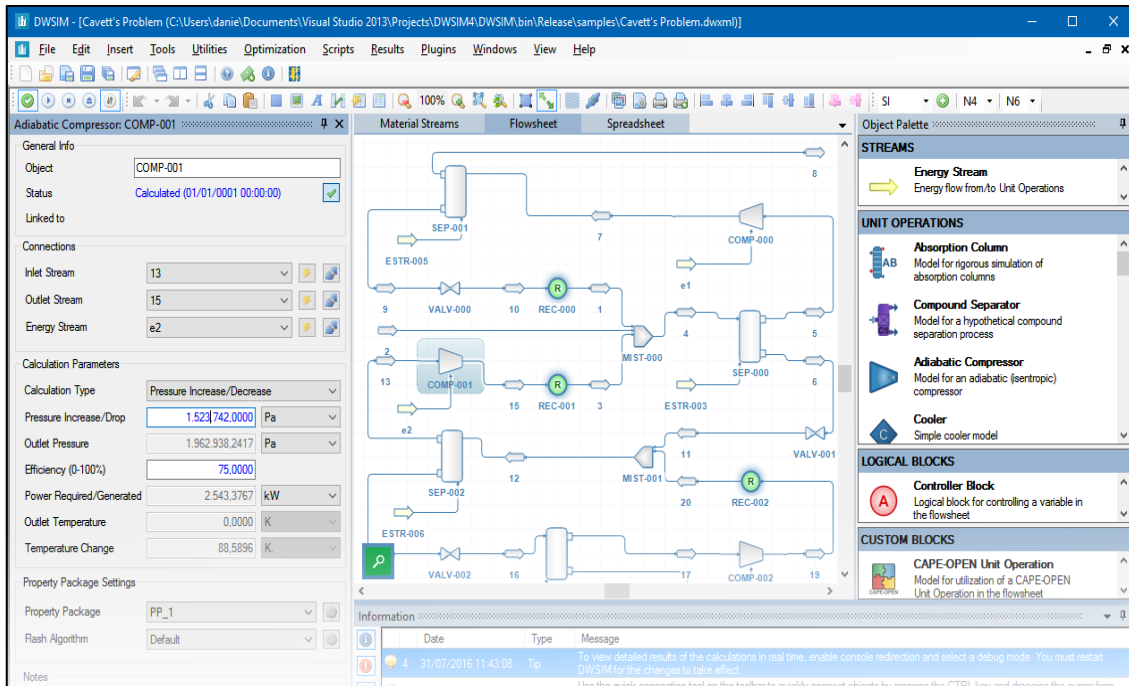
En el proceso de carbonatación existen ciertos factores principales los cuales son la presión y la temperatura que se somete el líquido para poder mantener un equilibrio con el gas, las altas presiones en líquidos incrementan los niveles de  $\text{CO}_2$  que se utilizan en las bebidas y las bajas presiones reducen estos niveles de carbonatación (INFRA, 2020).

La temperatura en una bebida puede alterar la cantidad de presión que puede ser necesaria en la carbonatación, por lo general se conoce que si la temperatura es alta incrementara el tamaño de las moléculas del gas dentro de líquido (INFRA., 2020).

#### ***2.1.11. DWSIM***

Entre los grandes simuladores de procesos industriales entra DWSIM al ser un simulador de procesos de código abierto y libre descarga, el ser un software de código abierto nos dice que a este puede acceder cualquier persona que se encuentre interesada puede acceder al código fuente de la aplicación y adaptarlo a las necesidades o corregir algún error que encuentre (DWSIM, 2019). El software de DWSIM es un simulador de procesos comerciales, el cual es de código abierto, descarga libre y ejecutable en todas las plataformas, a sus ves contiene una interfaz gráfica muy intuitiva y fácil de utilizar, este nos permite utilizar operaciones unitarias, simulaciones en estados

estacionario y estado dinámico, modelos termodinámicos especializados, posee una sección de herramientas de caracterización de crudos y soporte para sistemas reactivos (DWSIM, 2019).



**Figura 4-2:** Interfaz de DWSIM

Fuente: (DWSIM, 2019).

### 2.1.12. Características de DWSIM

Este software tiene una interfaz muy dinámica la cual le permite ser fácil de usar esta contiene funciones que pueden ser encontradas en otros softwares comerciales, este software nos permite usar operaciones unitarias, modelos termodinámicos avanzados, tiene un soporte para sistemas reactivos y cuenta con herramientas que nos permiten caracterizar los crudos (Scodelaro, 2017, p.27).

**Tabla 3-2:** Características de DWSIM

<p><b>Operaciones de unidad.</b></p>	<p>Entre los equipos con los q cuenta esta: calentador, enfriador, válvula, segmento de tubería, columna de acceso directo, intercambiador de calor, reactores (conversión, PFR, CSTR, equilibrio y Gibbs), mezclador, divisor, separador, bomba, compresor, expansor, columna de destilación, absorbentes simples, refluidos y rebobinados, separador de componentes, placa de orificio, separador de sólidos, filtro de torta continuo; Operaciones de la Unidad. Excel, Script y Flowsheet.</p>
--------------------------------------	--

<b>Herramientas incluidas.</b>	Creador compuesto, Bulk C7+ / Curvas de destilación Caracterización de petróleo, Gerente de análisis de petróleo, Gerente de reacciones.
<b>Utilidades</b>	Posee envolvente de fase, hidratos de gas natural, dimensionamiento de vasos, hoja de cálculo, propiedades de componentes puros, punto crítico verdadero, dimensionamiento de PSV y propiedades de flujo frío de petróleo.
<b>Modelos Termodinámicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ COSMO – SAC</li> <li>▪ Chao – Seader</li> <li>▪ Grayson – Streed</li> <li>▪ LIQUAC</li> <li>▪ Extended UNIQUAC</li> <li>▪ Raoult's Law</li> <li>▪ IAPWS – 97 Steam Tables</li> <li>▪ IAPWS – 08 Seawater</li> <li>▪ Black – Oil</li> <li>▪ Sour Water</li> <li>▪ Peng – Robinson</li> <li>▪ Peng – Robinson – Stryjek – Vera 2</li> <li>▪ Soave – Redlich – Kwong</li> <li>▪ Lee – Kesler</li> <li>▪ Lee – Kesler – Plöcker</li> <li>▪ UNIFAC (-LL)</li> <li>▪ UNIFAC modificado (Dortmund)</li> <li>▪ UNIQUAC</li> <li>▪ NRTL</li> </ul>
<b>Análisis y optimización de procesos</b>	Cuenta con análisis de sensibilidad, y con un optimizador multivariante con restricciones limitadas.

**Fuente:**(Ballesteros Sánchez y Simó, 2017).

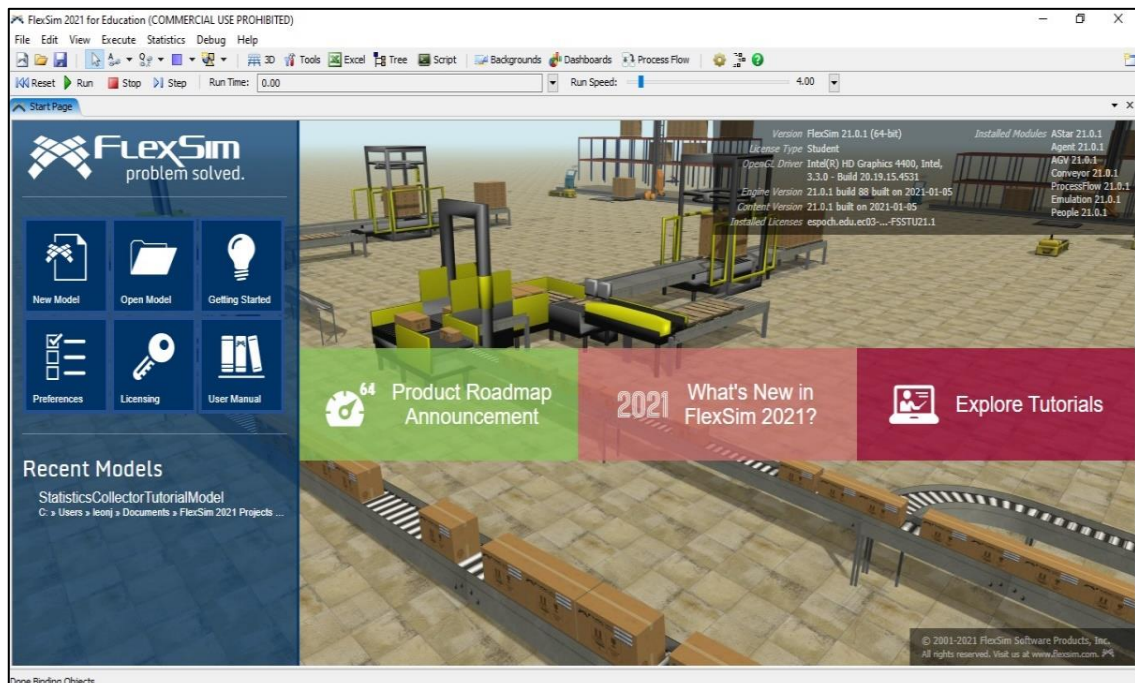
**Realizado por:** León Jaime, 2021.

### 2.1.13. Modelado por maquetación

La maquetación 3D es una técnica muy efectiva al momento de estudiar y mostrar un tipo de construcción, estos son utilizados para poder conocer a fondo un objeto, “las maquetas son un producto personalizado por el cual el proceso de construcción de una maqueta es diferente ya que se requerirá distintos materiales, equipos y diferente método de construcción” (Marin, 2020,p.18).

### 2.1.14. FLEXSIM

Este es un software de simulación que cuenta con su versión básica o también llamada Express la cual es de descarga libre, pero para la utilización en este Proyecto de Integración Curricular se solicitó una licencia estudiantil al equipo de FLEXSIM, la cual a su vez es completamente gratuita para poder trabajar sin problemas de derecho de autor, el software fue diseñada para la simulación de eventos discretos , el cual nos permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde los procesos de manufactura hasta cadenas de suministro.(FLEXSIM, 2021) Este software será utilizado para realizar una modelación 3D de la producción de bebida carbonatada a nivel industrial, para poder obtener una mejor visualización sobre el proceso y como deberá estar compuesta la fábrica.



**Figura 5-2:** Interfaz de FLEXSIM

Fuente: (FLEXSIM, 2021).

### 2.1.15. Recursos de FLEXSIM

**Tabla 4-2:** Recursos de FLEXSIM

<b>Recursos constantes o fijos (fixed resources)</b>	Aquí entrarían las colas (queues), las máquinas o procesos (processor) y las cintas transportadoras (conveyors).
<b>Recursos compartidos (shared resources)</b>	En este apartado están los operadores.
<b>Recursos móviles (mobile resources)</b>	En este apartado entran los sistemas de transporte que permite modelar el software tales como elevadores, trans-paletas, robots industriales, etc.

Fuente: (FLEXSIM, 2021).

Realizado por: León Jaime, 2021.

## 2.2. Marco legal

### 2.2.1. Licencia de DWSIM

El software DWSIM cuenta con una Licencia Publica General de GNU y en segundo puesto tiene compatibilidad con estándares de interfaz CAPE-OPEN, lo cual lo hace un software específico para ser utilizado en INGENIERÍA QUÍMICA, la cual propone herramientas libre para la simulación rigurosa de procesos a realizar (Profile, 2018).

Según la página oficial del (DWSIM 2019) es un simulador de procesos químicos multiplataforma, compatible con CAPE-OPEN para Windows, Linux, Android, macOS e iOS, el cual posee la *General Public License v3* del Sistema Operativo GNU.

### 2.2.2. Licencia de FLEXSIM

FLEXSIM es un software que cuenta con una licencia EXPRESS la cual está disponible para cualquier persona, esta versión gratuita permite la simulación de un sistema con 30 o menos objetos, esta solo puede ser usada para evaluar y probar las capacidades del software.

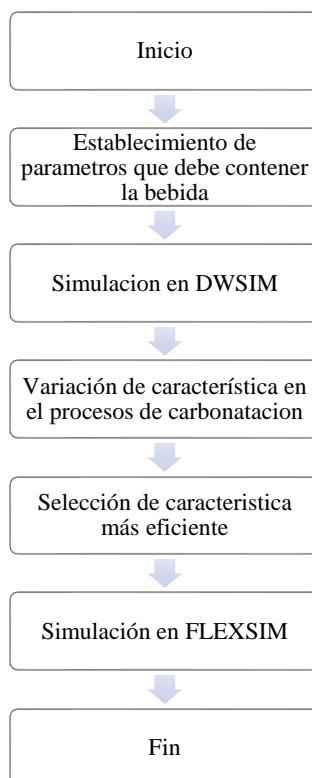
Por lo tanto, se procedió a contactar con el equipo de FLEXSIM, el cual procedió a habilitar una licencia para estudiante completamente gratuita, la cual nos permite realizar la simulación para: proyecto de clase, trabajo de grado o solo para estudio personal (FLEXSIM, 2021).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Pasos de la Metodología

El desarrollo del presente trabajo contara con los siguientes pasos a seguir:



**Gráfico 1-3:** Pasos de la metodología del trabajo de titulación

Realizado por: León Jaime, 2021.

#### 3.2. Generalidades del proceso

##### 3.2.1. *Parámetros que debe contener la bebida carbonatada*

La elaboración de dicha bebida carbonatada elaborada para que sea consumida y vendida al público debe contener ciertos parámetros de acuerdo con la NTE INEN 1101 (*Bebidas gaseosas o carbonatadas. Requisitos*):

**Tabla 1-3:** Parámetros Físicos-Químicos para la elaboración de bebidas carbonatadas

REQUISITO	Unidad	Mínimo	Máximo
Sólidos solubles	-	-	15
Volumen de dióxido de carbono ( $CO_2$ )	-	1	5
Acidez titulante, ácido cítrico a 20 °C	g/100ml	-	0,5
pH a 20°C	-	2,0	4,5
Contenido de cafeína	mg/100 ml	-	20

Fuente: (NTE INEN, 2017).

Realizado por: León Jaime, 2021.

Los volúmenes de  $CO_2$  en el líquido serán puesto correspondiente al ANEXO 1, entre una temperatura de 2 a 22°C y a una presión de 1 a 1,04 bares que son los rangos a los cuales trabajan la mayoría de carbonatadores.

### 3.2.2. Materia prima por utilizar

En la elaboración de una bebida carbonatada por lo general se utiliza para endulzar azúcar de mesa o azúcar de caña, la bebida carbonatada elaborada será endulzada con miel de Agave., según (López Sánchez y Lucero, 2014, p.48) para endulzar un litro de una bebida se necesita 60 ml de miel de agave.

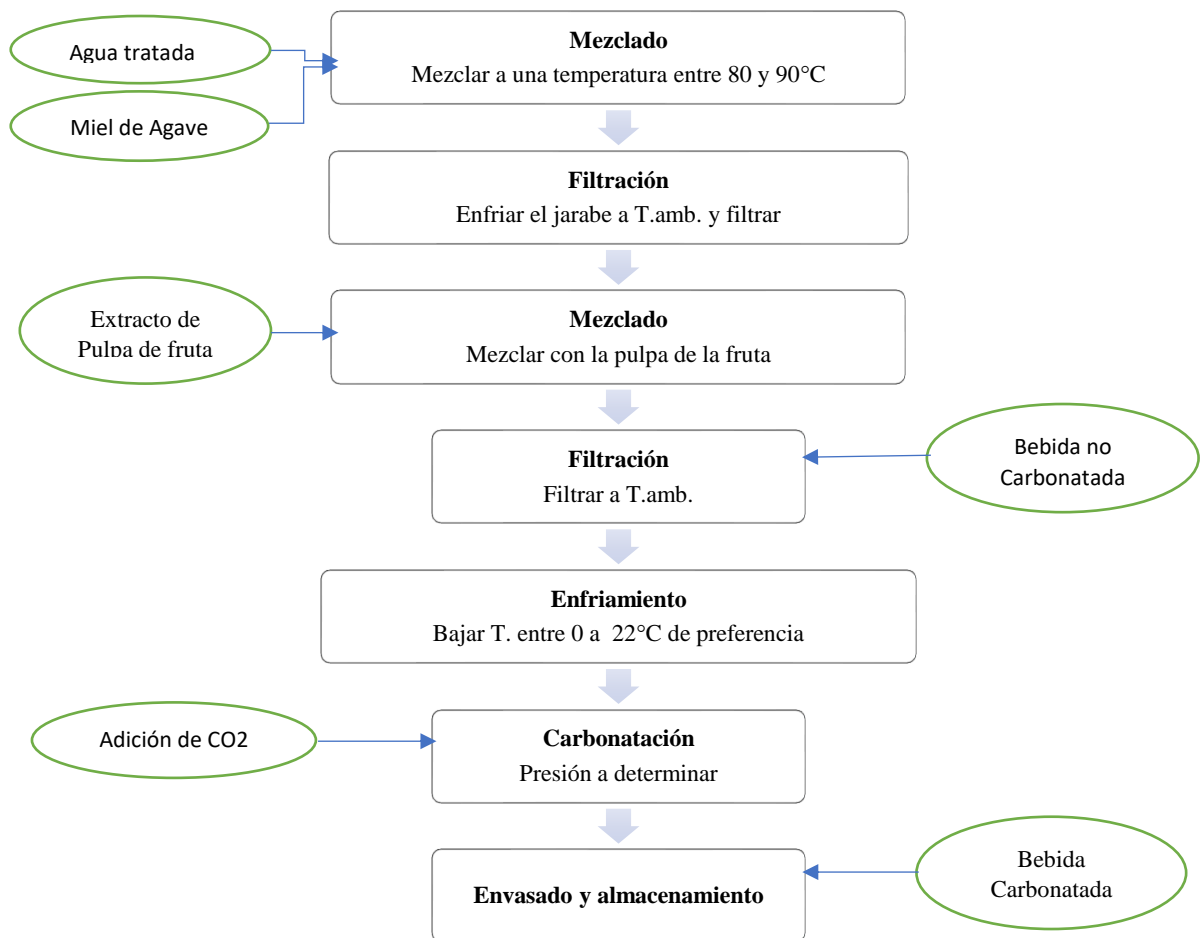
**Tabla 2-3:** Receta para elaboración de 1000ml de bebida carbonatada

Componentes	Cantidad
Agua tratada (ml)	839
Ácido Cítrico (g)	1
Extracto de pulpa de fruta (ml)	100
Dióxido de carbono (volúmenes)	1 - 5
Miel de Agave (ml)	60

Realizado por: León Jaime, 2021.



### 3.2.3. Diagrama del proceso de elaboración de la bebida carbonatada endulzada con miel de Agave



**Gráfico 2-3:** Diagrama de flujo del proceso de producción de bebida carbonatada

Realizado por: León Jaime, 2021.

### 3.3. Simulación del proceso en DWSIM

#### 3.3.1. Condiciones iniciales de la simulación

Las condiciones de iniciales del presente trabajo con el que se inicia la simulación son a condiciones atmosféricas son las siguientes:

**Tabla 3-3:** Condiciones iniciales del proceso para la simulación

Condiciones Iniciales	Agua tratada	Miel de Agave	Extracto de fruta	CO <sub>2</sub>
Temperatura	25	25	25	Por definir
Presión	1,01325	1,01325	1,01325	1

<b>Flujo masico</b>	839	60	100	Por definir
---------------------	-----	----	-----	-------------

**Realizado por:** León Jaime, 2021.

Las condiciones propuestas están hechas para trabajar en un proceso a condiciones ambientales para la elaboración de 1000 L de dicha bebida.

### 3.3.2. Primera etapa en la simulación

La primera etapa en el proceso de elaboración de bebidas carbonatadas endulzadas con Miel de Agave cuenta con la revisión rigurosa de la materia prima, entre ellas esta: el agua a utilizar, la miel y el extracto de fruta.

**Agua:** esta constituye dentro de una bebida el 80 hasta el 90% de una bebida carbonatada, por lo cual se aconseja que esta sea filtrada a tal manera que sea apta para el consumo humano, también se debe buscar reducir la concentración de oxígeno disuelto en el agua utilizando equipos de aireación, el exceso de oxígeno en el agua afecta diferentes aditivos y jarabes, lo cual ocasiona la disminución del tiempo de vida de dicha bebida para el consumo.

**Tabla 4-3:** Parámetros que debe cumplir el agua

Clasificación	Parámetro	Niveles
<b>Organoléptica</b>	Olor y sabor	Sin olor ni sabor
<b>Física</b>	Color	20ml/L
	Turbidez	1FTU
<b>Química</b>	Alcalinidad	100ml/L CaCO <sub>3</sub>
	pH	6,5-8,5
	Oxígeno disuelto	0,05ppm
	Total, de solidos disueltos	500 mg/L

**Fuente:** (Recinos, 2013).

**Realizado por:** León Jaime, 2021.

**Miel de Agave:** esta es el evaporado de la bebida Chaguarmishqui, se obtiene de haber cocinado dicha bebida a una temperatura de 70°C hasta llegar a una medición de °Brix de 68, por consiguiente, este es filtrado luego para eliminar las impurezas y evitar contaminación en la elaboración de la bebida.

**Extracto de fruta:** este va de acuerdo con el fabricante de la bebida dependiendo el sabor q desee elaborar, este luego de ser extraída es sometido a 65°C para ser pasteurizado y evitar que sufra cambios de sabor y color el extracto de fruta.

El proceso de elaboración se hará referente a la fabricación de 100 litros de dicha bebida.

Se utilizará ciertos componentes los cuales representaran cada corriente de alimentación en el proceso.

Settings

Compounds | Thermodynamics | Reactions | Mass and Energy Balances | System of Units | Floating Tables and Property Lists | Miscellaneous

Components / Compounds

Search

Added	Name	Tag	CAS Number	Formula	Database	CP
<input checked="" type="checkbox"/>	Water		7732-18-5	HOH	ChemSep	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Carbon dioxide		124-38-9	CO2	ChemSep	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Fructose		57-48-7	C6H13O6	User	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Glucose		50-99-7	C6H12O6	User	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Sacarosa		57-50-1	C15H27O11	User	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Air		132259-10-0	(N2)0.781 (O2)0.209 (Ar)...	ChemSep	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Argon		7440-37-1	Ar	ChemSep	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Bromine		7726-95-6	BrBr	ChemSep	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Carbon tetrachloride		56-23-5	CCl4	ChemSep	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Carbon monoxide		630-08-0	CO	ChemSep	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Carbon disulfide		75-15-0	SCS	ChemSep	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Phosgene		75-44-5	COCl2	ChemSep	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Trichloroacetyl chloride		76-02-8	CCl3COCl	ChemSep	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Hydrogen chloride		7647-01-0	HCl	ChemSep	<input checked="" type="checkbox"/>

Order Compounds By:

Petroleum Fractions

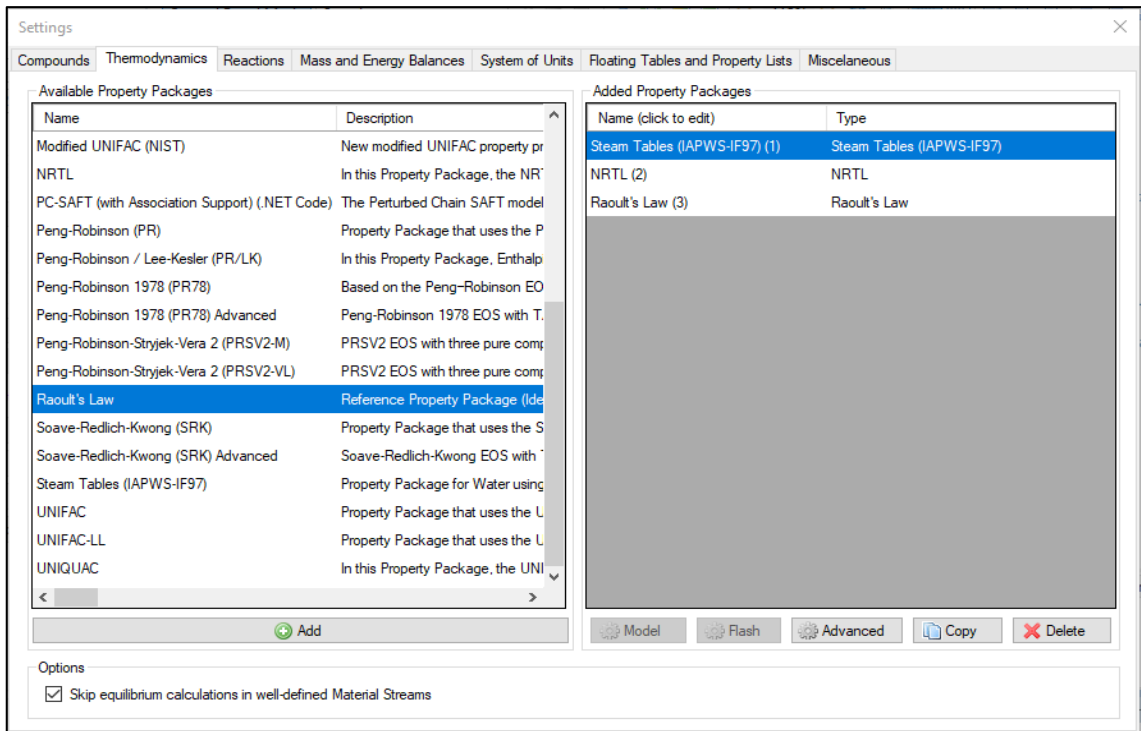
**Figura 1-3:** Compuestos utilizados dentro de la simulación (DWSIM)

**Realizado por:** León Jaime, 2021.

La línea de agua tratada tiene una composición pura de solo agua, la línea de miel de agave está compuesta del 73.77% de fructosa, 5.37% de sacarosa, 0.028 de glucosa y el sobrante de agua. La línea de extracto de fruta está compuesta del 40% de agua, 40% fructosa, 5% de glucosa y 15% de sacarosa, mientras que la línea de CO<sub>2</sub> se encuentra compuesta de CO<sub>2</sub> puro.

Se eligió los paquetes termodinámicos:

- Steam Tables (IAPWS-IF97) para trabajar en la alimentación de entrada de agua tratada en la simulación.
- NRTL este paquete nos permite realizar mezclas de compuestos en diferentes fases.
- Raoult's Law para trabajar la alimentación de CO<sub>2</sub> ya que nos permite trabajar con gases.

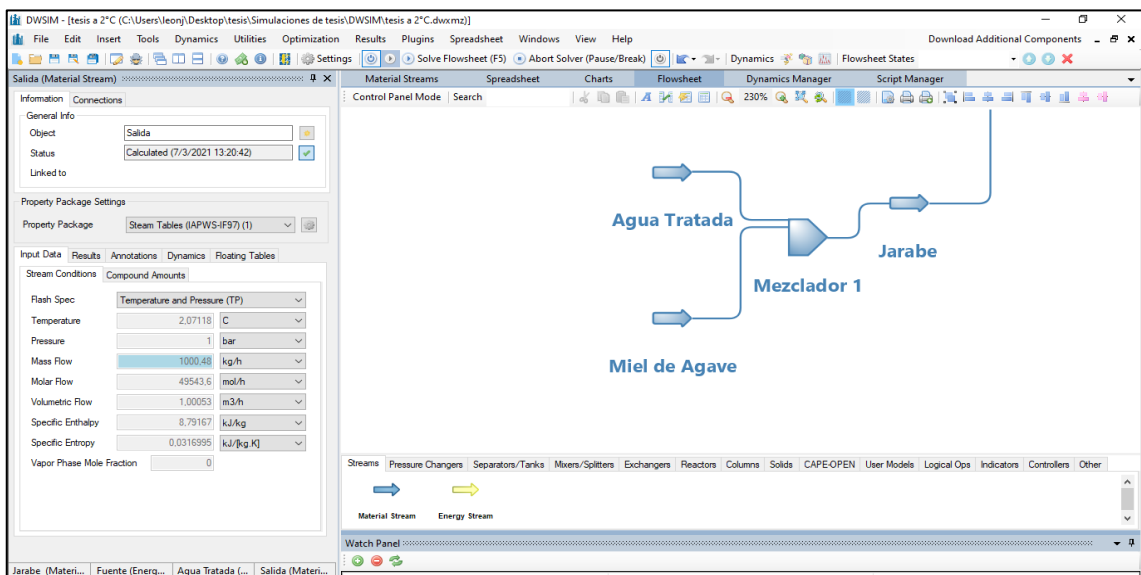


**Figura 2-3:** Selección del paquete Termodinámicos (DWSIM)

Realizado por: León Jaime, 2021.

### 3.3.3. Segunda etapa del proceso

En esta etapa se da la elaboración del jarabe que es la mezcla del agua tratada y los azúcares a utilizar en nuestra bebida.



**Figura 3-3:** Simulación de la segunda etapa del proceso (DWSIM)

Realizado por: León Jaime, 2021.

En la segunda etapa se utilizó las corrientes de entrada del agua ya tratada y el azúcar, que es este caso es la miel de Agave para poder formar el jarabe de la bebida.

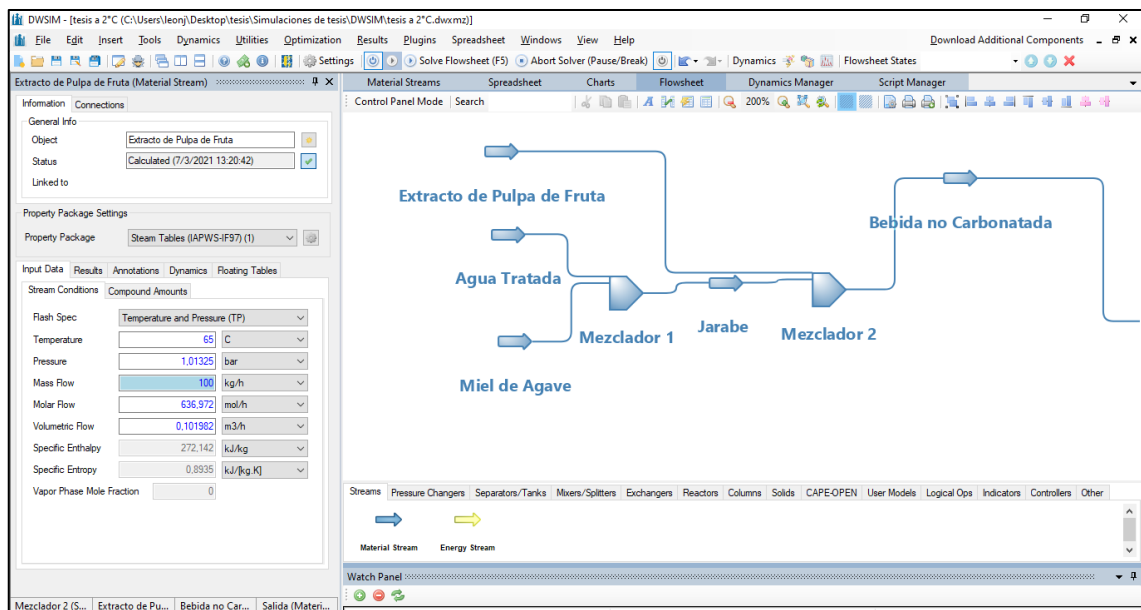
En la cual se trabajó la línea de entrada del agua ya tratada con un flujo de entrada de 839 kg/h, una presión de 1.01325 Bar y una temperatura de ingreso de 85°C.

El endulzante que es la miel de Agave es ingresado con un flujo de entrada de 60 kg/h, una presión de 1.01325 Bar y una temperatura de 85°C.

Luego de realizar la mezcla entre el agua tratada y la miel de Agave se debe contar con un filtrado, no se ingresa un equipo para realizar el filtrado ya que los valores que se dan son muy bajos cercanos a cero, pero este proceso se realiza para retirar aquellas partículas muy grandes que puedan estar luego de haber hecho la mezcla.

### 3.3.4. Tercera etapa del proceso

La tercera etapa consta de realizar una mezcla del jarabe con el extracto de fruta que haya elegido el fabricante de la bebida y un segundo filtrado.



**Figura 4-3:** Simulación de la tercera etapa del proceso (DWSIM)

**Realizado por:** León Jaime, 2021.

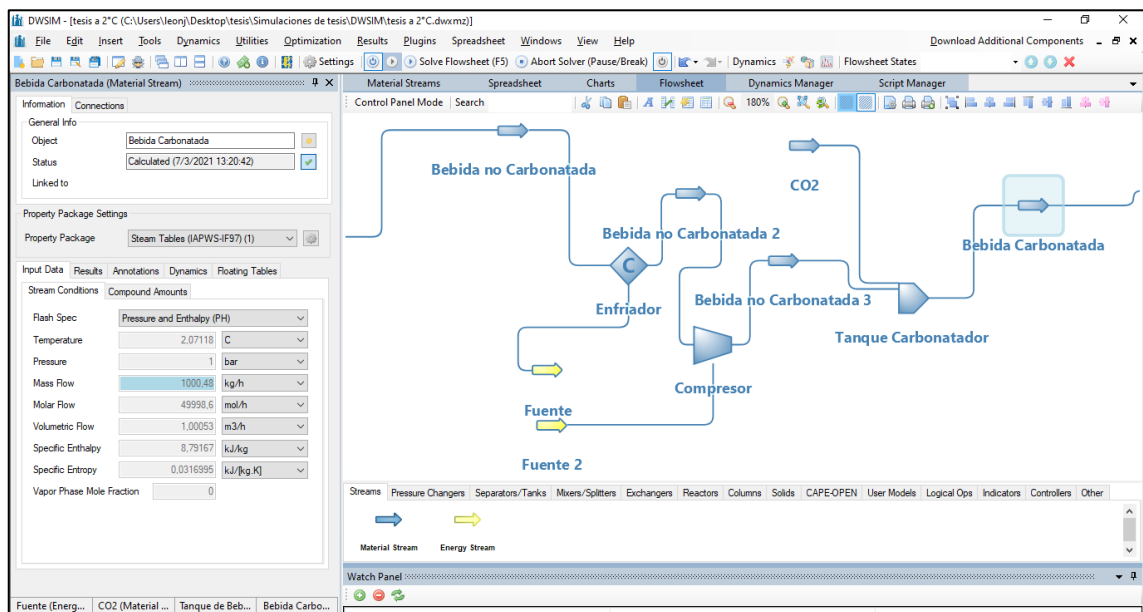
En esta etapa ingresa el jarabe al segundo mezclador junto al extracto de la fruta seleccionada, con un flujo de entrada de 100 kg/h, una presión de 1.01325 Bar y una temperatura de 65°C.

Por consiguiente, como en la anterior etapa al finalizar este proceso se debe realizar una filtración para poder retener partículas muy grandes que queden en el proceso luego de la mezcla.

El resultado de esta etapa se puede considerar que ya es la bebida endulzada con miel de Agave sin carbonatar.

### 3.3.5. Cuarta etapa del proceso

La cuarta etapa está compuesta por un proceso de enfriado del líquido hasta llegar a la temperatura deseada para poder proceder por consiguiente a la carbonatación de dicha bebida, en esta etapa hay que definir a que temperatura deseemos carbonatar, dependiendo nuestra conveniencia por motivo de adición de mayor o menor cantidad de CO<sub>2</sub> presente por litro.



**Figura 5-3:** Simulación de la cuarta etapa del proceso (DWSIM)

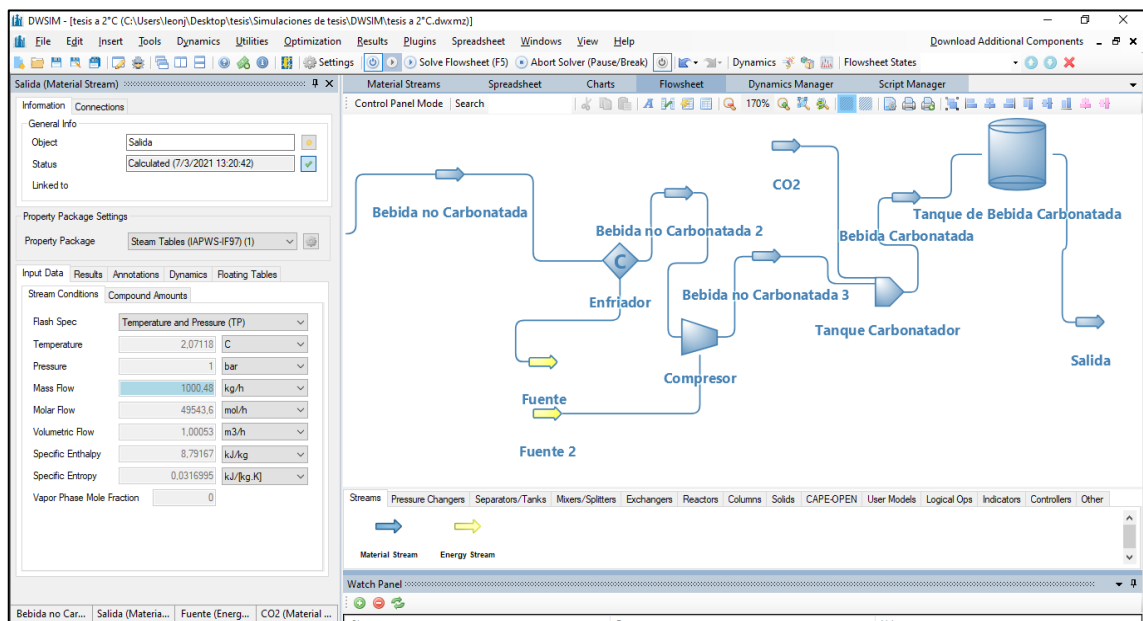
**Realizado por:** León Jaime, 2021.

Esta etapa consta de dos entradas de flujo masico, la cual está compuesta de una entrada de la bebida elaborada no carbonatada de la anterior etapa y una entrada de CO<sub>2</sub> gas, la entrada de la bebida no carbonatada es enviada a conectar un enfriador o refrigerador con el fin de bajar la entre (2 hasta 10°C), luego la corriente de salida es enviada a un compresor para lograr establecer una presión constante de 1 Bar, que es la presión que será utilizada al momento de carbonatar la bebida.

Luego esta es enviada a un tanque de carbonatación que es donde será agregado los volúmenes de CO<sub>2</sub> que contendrá dicha bebida, y por últimos esta es almacenada en un tanque hasta sea embotellada.

### 3.3.6. Quinta etapa del proceso

En la última etapa se busca empacar toda la bebida elaborada que se encuentra en nuestro tanque de almacenamiento en botellas tales como botellas PET, las cuales pueden reducir los costos de empaquetado o también, utilizar botellas de vidrio las cuales elevaran los costos del empaquetado, y por consiguiente que sean llevadas para la venta al público.



**Figura 6-3:** Simulación completa del proceso (DWSIM)

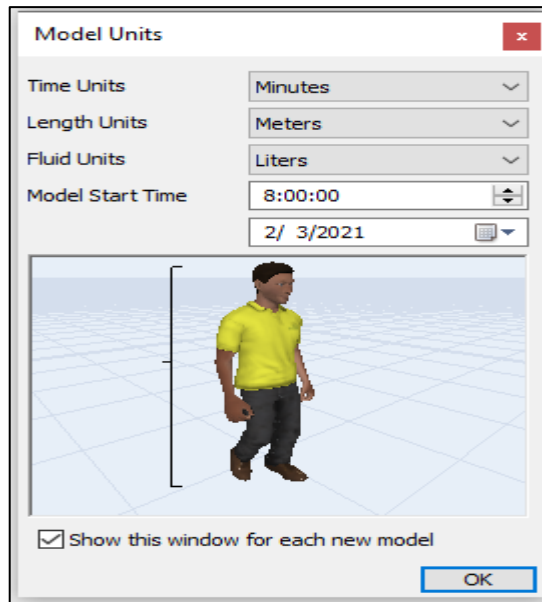
Realizado por: León Jaime, 2021.

## 3.4. Simulación del proceso en FLEXSIM

### 3.4.1. Condiciones iniciales de la simulación

Las condiciones iniciales en el software de FLEXSIM son de acuerdo a unidades de tiempo, ya que este nos permitirá observar cómo debe darse el proceso en el transcurso de producción en un día.

El tiempo será medido en minutos, las unidades de distancias en tiempo y las unidades de fluidos en litros en caso de que se utilice.

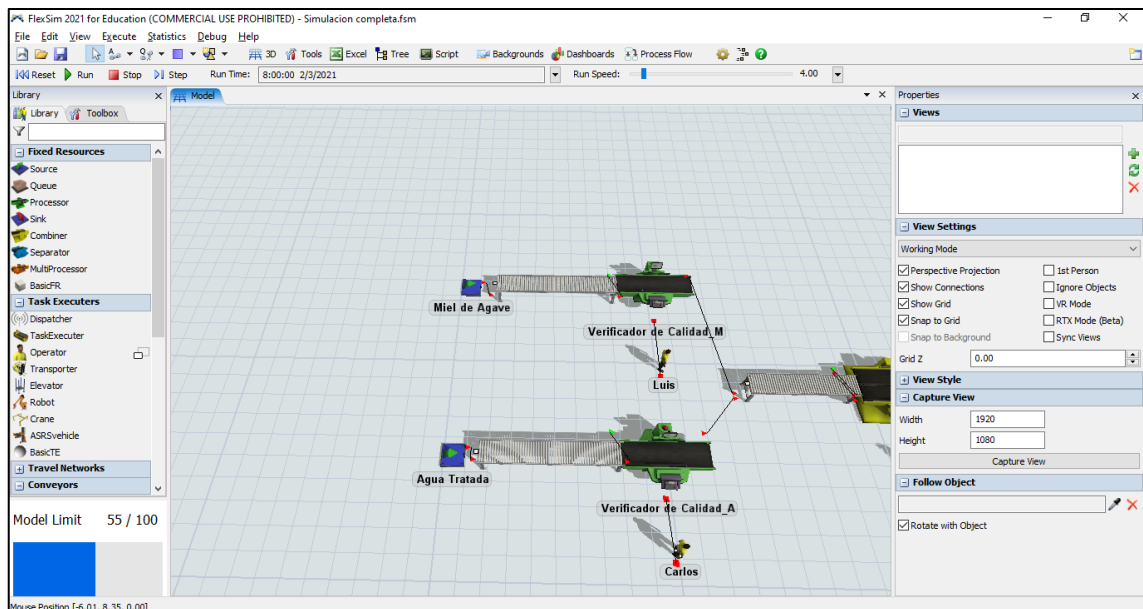


**Figura 7-3:** Selección de unidades a manejar en el Simulador (FLEXSIM)

Realizado por: León Jaime, 2021.

### 3.4.2. Primera etapa de la simulación

Como se dijo en la anterior simulación la primera etapa esta encargada de la recepción y revisión de la materia prima, en esta simulación se estableció un tiempo estimado donde se realizará cada acción dentro de la simulación.



**Figura 8-3:** Simulación de la primera etapa del proceso (FLEXSIM)

Realizado por: León Jaime, 2021.



En esta etapa se visualiza la entrada de la materia prima entre agua ya tratada y la miel de Agave, esta materia prima pasa a ser evaluada por controladores de calidad, los cuales no deben de dar paso a la materia prima en caso de que esta no cumpla con los requerimientos necesarios para comenzar la operación, en caso de que esta materia prima no cuente con los requerimientos necesarios es tratada por estas personas para poder dar inicio a la operación.

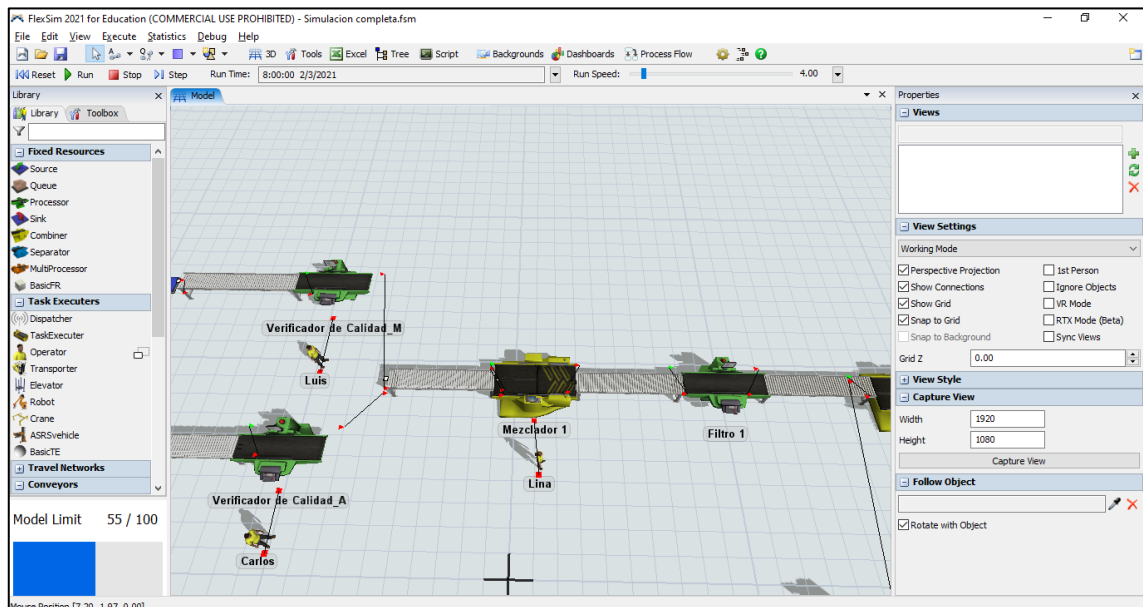
**Tabla 5-3:** Tiempos de operación etapa 1 (FLEXSIM)

Lugar de Operación	Miel de Agave	Agua Tratada	Verificación de calidad-M	Verificación de calidad- A
Tiempos de Trabajo (min)	15	15	10	10

Realizado por: León Jaime, 2021.

### 3.4.3. Segunda etapa de la simulación

La segunda etapa se encuentra compuesta por un mezclador el cual va a ser monitoreado por un controlador, este equipo es alimentado por las dos corrientes de entrada (agua tratada y miel de Agave), y por consiguiente una filtración la cual puede estar unida en el mismo equipo que mezclo o hacerla en otro equipo como muestra la simulación.



**Figura 9-3:** Simulación de la segunda etapa del proceso (FLEXSIM)

Realizado por: León Jaime, 2021.

El resultado de la línea saliente de filtro es considerado el jarabe de la bebida.

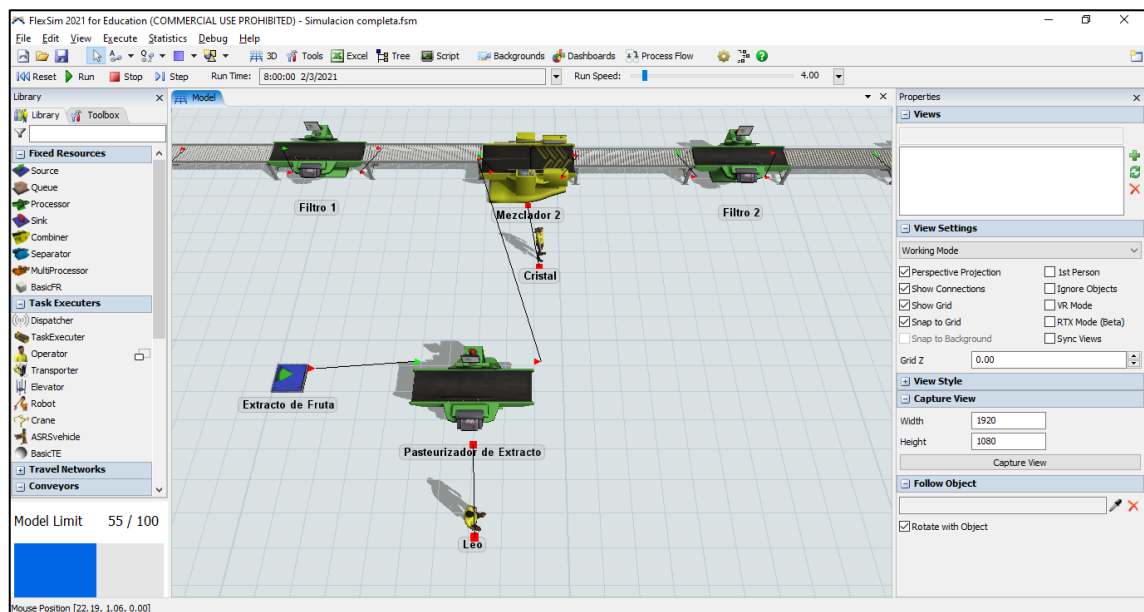
**Tabla 6-3:** Tiempos de operación etapa 2 (FLEXSIM)

Lugar de operación	Mezclador 1	Filtro
Tiempos de trabajo (min)	4	5

Realizado por: León Jaime, 2021.

### 3.4.4. Tercera etapa de la simulación

En esta etapa se realiza un nuevo mezclado, el segundo mezclador va alimentado de la línea del jarabe ya elaborado y el extracto de fruta que elija el fabricante a su conveniencia, el extracto de fruta antes de ser utilizado es recibido y sometido a una pasterización a 65°C.



**Figura 10-3:** Simulación de la tercera etapa del proceso (FLEXSIM)

Realizado por: León Jaime, 2021.

Luego de haber ingresado las dos corrientes de alimentación, el líquido obtenido es ingresado a un nuevo filtro el cual se encargará de retener cualquier partícula grande que se encuentre en la mezcla.

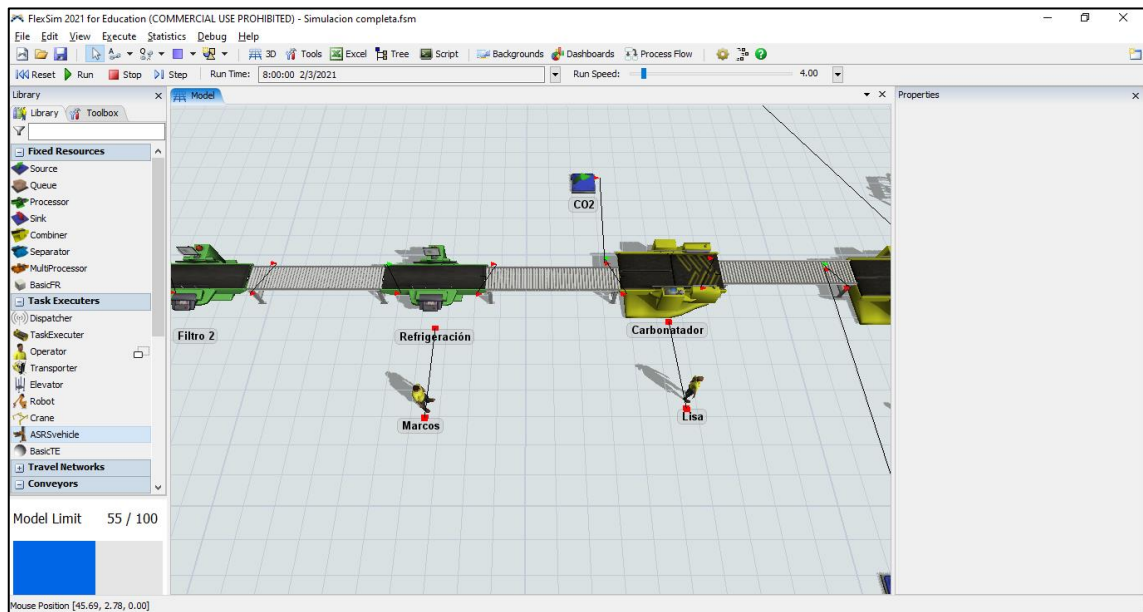
**Tabla 7-3:** Tiempos de operación etapa 3 (FLEXSIM)

Lugar de operación	Extracto de Fruta	Pasteurizado de extracto	Mezclador 2	Filtro 2
Tiempos de trabajo (min)	7	4	4	6

Realizado por: León Jaime, 2021.

### 3.4.5. Cuarta etapa de la simulación

En la cuarta etapa se visualiza el proceso de enfriado de la bebida a la temperatura deseada para poder pasar al proceso de carbonatación, dentro del taque de carbonatación se realiza el proceso estabilización de la temperatura, para poder iniciar la inyección de volúmenes de CO<sub>2</sub> deseados en la bebida carbonatada.



**Figura 11-3:** Simulación de la cuarta etapa del proceso (FLEXSIM)

**Realizado por:** León Jaime, 2021.

Esta etapa contara con dos controladores, en el proceso de refrigeración para poder monitorear las temperaturas del líquido, y en el proceso de carbonatación otra persona para monitorear la presión y los volúmenes de gas.

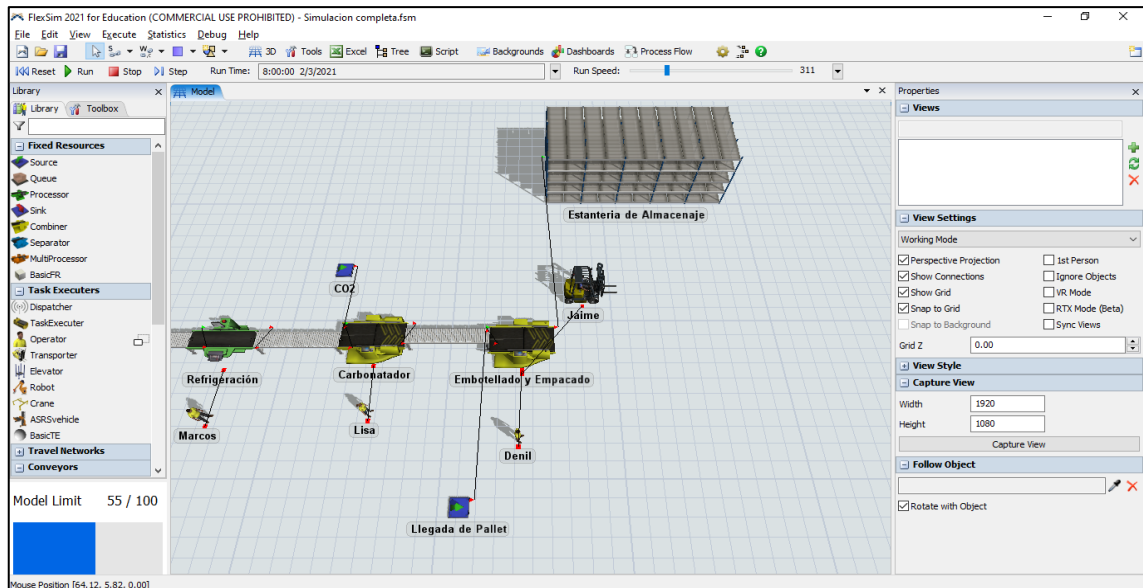
**Tabla 8-3:** Tiempos de operación etapa 4 (FLEXSIM)

Lugar de operación	Refrigeración	CO <sub>2</sub>	Carbonatador
Tiempos de trabajo (min)	7	0	4

**Realizado por:** León Jaime, 2021.

### 3.4.6. Quinta etapa de la simulación

La quinta etapa está compuesta por una pequeña estación donde se realiza el proceso de embotella y el empacado de las botellas en cartones para poder distribuirla para su venta, se observa una estantería la cual representa la bodega de almacenaje de productos de la empresa.



**Figura 12-3:** Simulación de la quinta etapa del proceso (FLEXSIM)

Realizado por: León Jaime, 2021.

Luego de realizar la última etapa se recomienda realizar un análisis de calidad sobre una bebida obtenida de cada lote producido.

**Tabla 9-3:** Tiempos de operación de la etapa 5 (FLEXSIM)

Lugar de operación	CO <sub>2</sub>	Carbonatador	Pallet	Embotellado y empacado
Tiempos de trabajo (min)	0	4	0	5

Realizado por: León Jaime, 2021.

## CAPÍTULO IV

### 4. GESTIÓN DE PROYECTO

#### 4.1. Presupuesto del proyecto

Al utilizar estos softwares de código abierto se logró reducir los costos muy significativamente.

**Tabla 1-4:** Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO			
ACTIVIDAD	MONTO	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	
		INTERNA	EXTERNA
Investigación y aprendizaje (internet)	\$50	X	
Impresión del documento final	\$40	X	
Copias e impresiones adicionales	\$25	X	
Anillados	\$20	X	
Empastados	\$40	X	
Curso de manejo de softwares	\$50	X	
Imprevistos	\$30	X	
<b>TOTAL</b>		\$255	

Realizado por: León Jaime, 2021.

#### 4.2. Recursos y materiales

El desarrollo del presente trabajo de titulación fue hecho en dos softwares los cuales son:

- **Software DWSIM:** simulación del proceso de elaboración de la bebida carbonata.
- **Software FLEXSIM:** simulación del funcionamiento de proceso en dentro de la una empresa.

Se realizo en un computador portátil con las siguientes características:

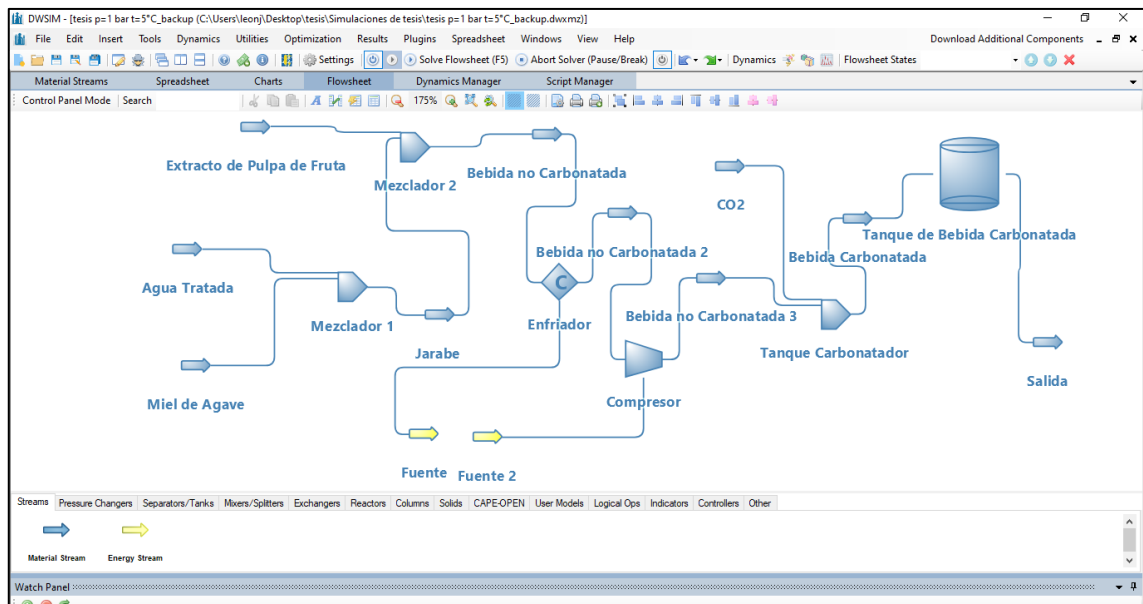
- Procesador: Intel(R) Core (TM) i5-4200U CPU @ 1.60GHz 2.30 GHz
- Memoria RAM :8 GB
- Sistema operativo: Windows 10 Pro de 64 bits

### 4.3. Discusión y análisis de resultados

#### 4.3.1. Resultados de simulación en DWSIM

El proceso de realización de la bebida carbonatada y endulzada con miel de Agave fue realizado hasta la tercera etapa por igual, se realizó cambios en las líneas de ciertas corrientes para lograr simular el proceso de carbonatación a diferentes temperaturas, y así poder saber cuál es más adecuado y eficiente para poder carbonatar una bebida.

Dicho proceso se realizó a una presión de 1 bar, la cual es la más fácil de manejar, se sometido dicho proceso a tres diferentes temperaturas ( 2 – 4 - 10 )°C, lo cual se encuentra en lo más recomendable para el proceso de carbonatación según (García Valdés, 2003, p.72).



**Figura 1-4:** Simulación terminada del proceso (DWSIM)

**Realizado por:** León Jaime, 2021.

Hoy en día existen varias tablas las cuales indican temperaturas y presiones a las cuales se puede carbonatar una bebida, pero esto depende más de la conveniencia y los equipos con los que cuente una persona o fabrica.

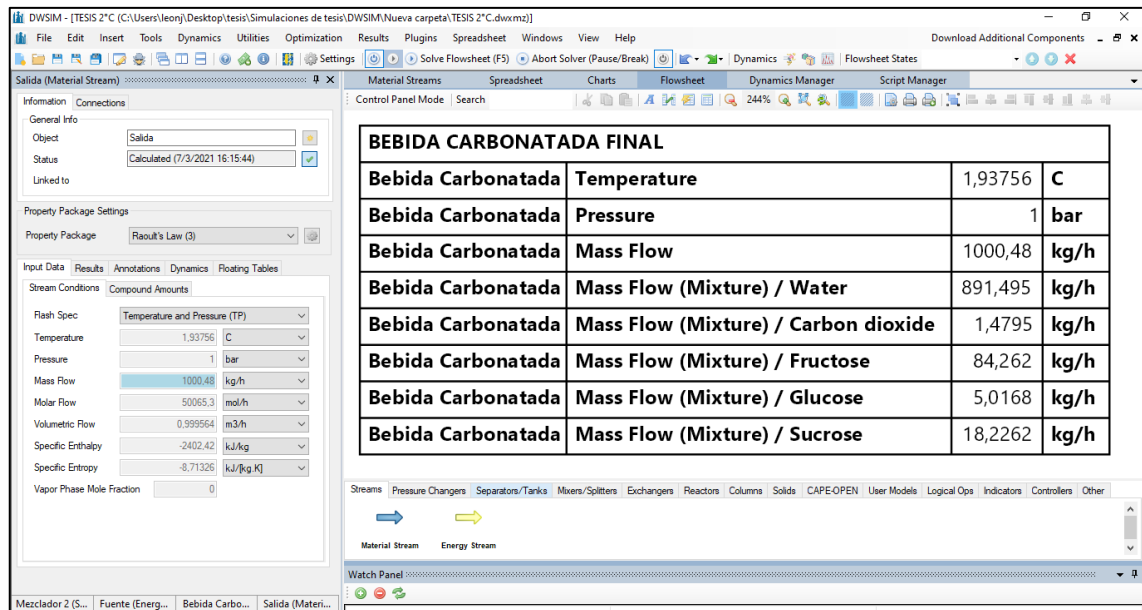
**Tabla 2-4:** Comparación de flujos de salida a las temperaturas trabajadas

Temperaturas (°C)	V CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> (kg/h)	Fructosa (kg/h)	Glucosa (kg/h)	Sacarosa (kg/h)	Agua (kg/h)	Flujo masico total (kg/h)
2	2,9	1,479	84,262	5,016	18,226	891,495	1000,48

4	2,7	1,377	84,262	5,016	18,226	891,495	1000,38
10	2,3	1,173	84,262	5,016	18,226	891,495	1000,17

**Realizado por:** León Jaime, 2021.

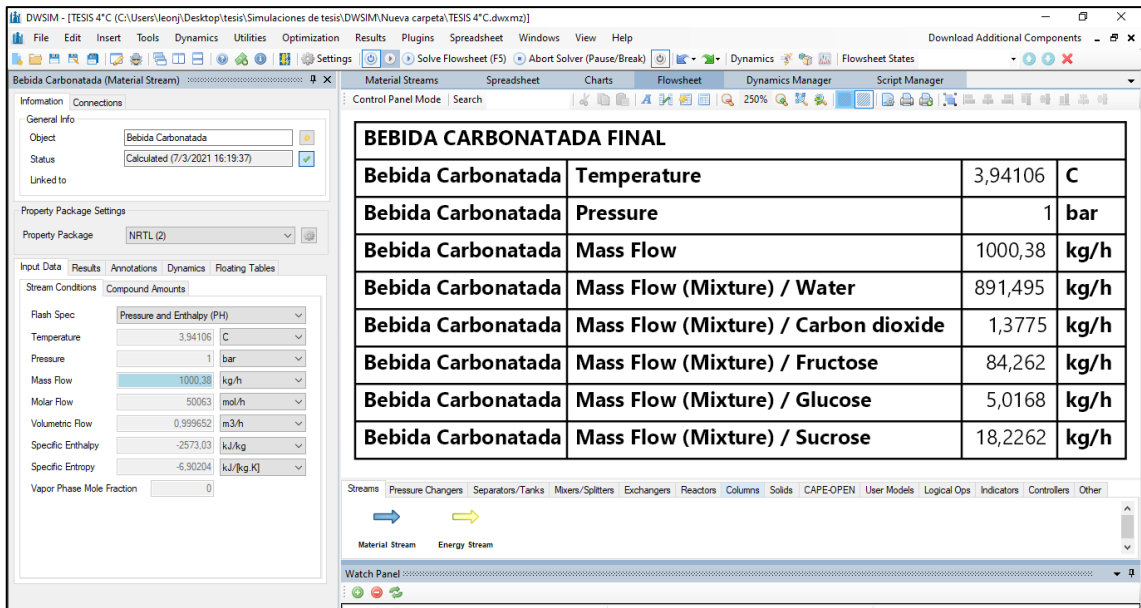
Los datos observados fueron tomados de los flujos de salida a cada temperatura trabajada, se trabajó el proceso de carbonatación con el ANEXO A, el cual nos indicaba los volúmenes de CO<sub>2</sub> que se deben ingresar ciertas temperaturas y presiones.



**Figura 2-4:** Resultados de la simulación con carbonatación a 2°C

**Realizado por:** León Jaime, 2021.

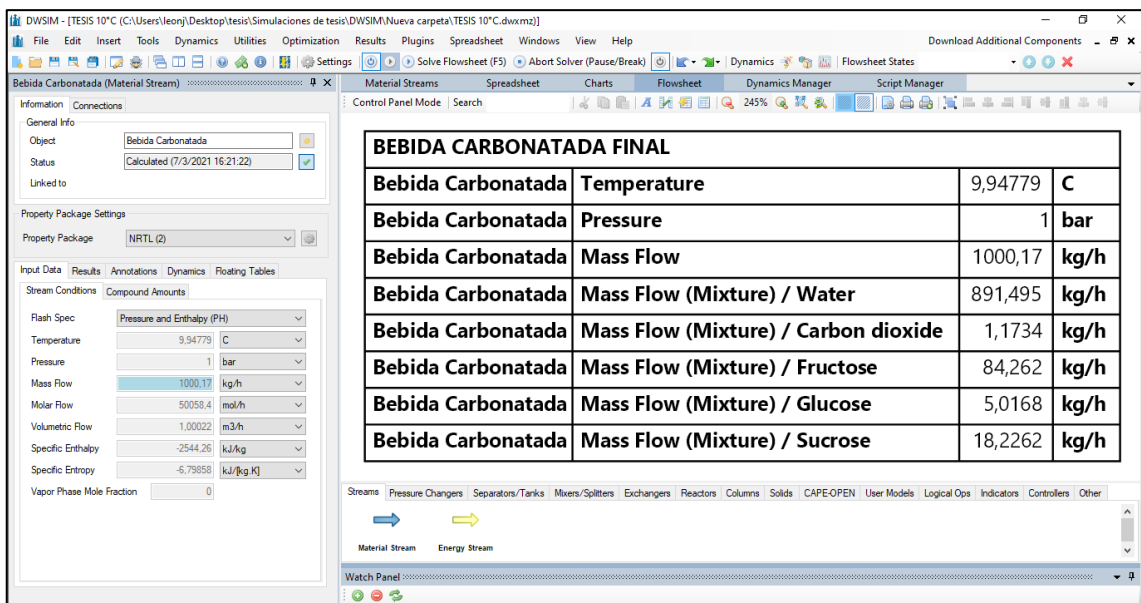
En esta simulación se cambió la temperatura del enfriador y se la coloco en 2°C lo cual permitió realizar los cálculos y utilizar según el Anexo A, la línea de CO<sub>2</sub> fue alimentada con 2,9 volúmenes de CO<sub>2</sub> lo cual es equivalente a 1,479 kg/h CO<sub>2</sub>.



**Figura 3-4:** Resultados de la simulación con carbonatación a 4°C

Realizado por: León Jaime, 2021.

Según los datos del Anexo 1 a 5°C y a 1 bar se necesita 2.7 volúmenes de CO<sub>2</sub>, lo cual es equivalente a 1,3775 kg/h de CO<sub>2</sub>.



**Figura 4-4:** Resultados de la simulación con carbonatación a 10°C

Realizado por: León Jaime, 2021.

La simulación a 10°C y 1 bar fue alimentada con 2.3 volúmenes de CO<sub>2</sub>, equivalentes a 1,1734 kg/h de CO<sub>2</sub>.



El proceso se desarrolló de la misma manera con los mismos flujos hasta la etapa 3, que fue donde se generó la bebida endulzada con la miel de Agave y ya mezclada con el extracto de fruta, desde el punto de vista de producción, la cantidad de CO<sub>2</sub> gastado dio como valor bajo, pero a su vez una pequeña cantidad de CO<sub>2</sub> puede llegar a sobre carbonatar una bebida, según información de revisión bibliografía de empresas ecuatorianas fabricantes de bebidas carbonatadas las mejor temperatura para realizar este procesos es de (4°C a 6°C), por lo cual la mejor temperatura para carbonatar esta bebida debe ser a 4°C, por lo tanto la preparación de 1000 litros de esta bebida necesita 1,377 kg CO<sub>2</sub>, lo cual según datos de (INFRA 2020) es lo más adecuado para carbonatar una bebida tipo gaseosa refrescante y a su vez, se puede aprovechar la baja temperatura ya que esta ayuda a 4 ayuda a darle más tiempo de vida al producto.

Por lo cual se recomienda realizar el proceso con los siguientes datos para su control en cada etapa:

**Tabla 3-4:** Parámetros recomendados para la etapa 2

Parámetros	Etapa 2	Información
Temperatura	85°C	Temperatura de pasteurización de las corrientes de entrada.
Presión	1.0132 bar	Presión atmosférica.
Total de flujo	899 kg/h	Flujo de alimentación total para la elaboración de 1000 kg/h o 1000 ltrs/h, en la etapa 2
% Agua	93.3259%	% de agua de ingreso del flujo total de trabajo en la etapa 2.
% Miel de Agave	6.674%	% de miel de Agave de ingreso del flujo total de trabajo en la etapa 2.

Realizado por: León Jaime, 2021.

**Tabla 4-4:** Parámetros recomendados para la etapa 3

Parámetros	Etapa 2	Información
Temperatura	65°C	Temperatura de pasteurización de las corrientes de entrada del extracto de fruta.
Presión	1.0132 bar	Presión atmosférica.
Total de flujo	999 kg/h	Flujo de alimentación total para la elaboración de 1000 kg/h o 1000 ltrs/h, en la etapa 3.
% de corriente de salida de etapa 2	89.98998%	% de ingreso del flujo total de trabajo en la etapa 3.
% Extracto de pulpa de fruta	10.01001 %	% de extracto de fruta de ingreso del flujo total de trabajo en la etapa 3.

Realizado por: León Jaime, 2021.

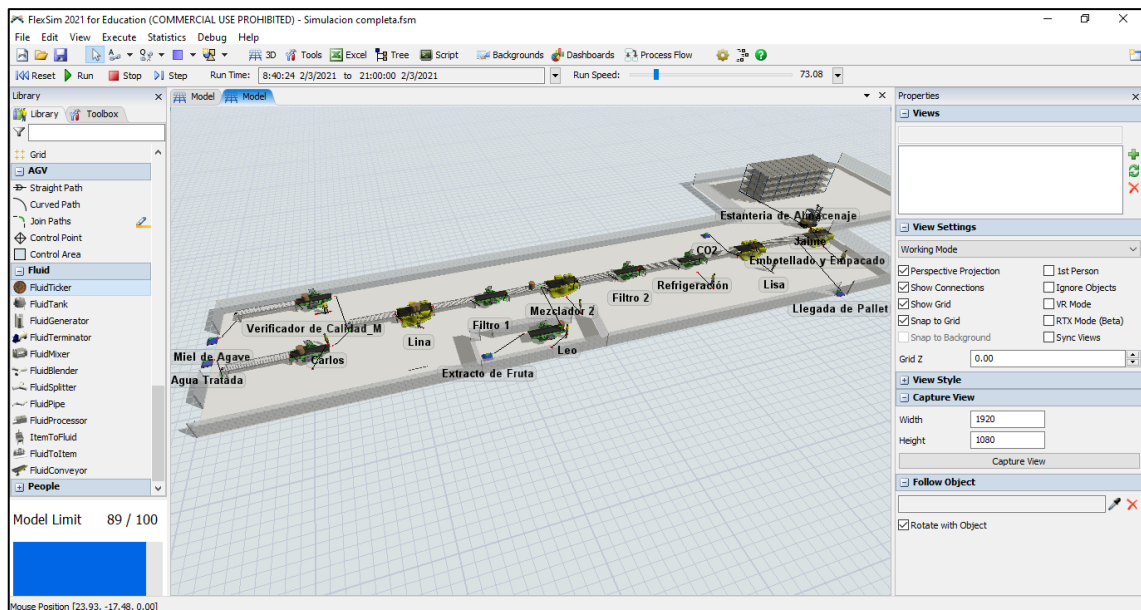
**Tabla 5-4:** Parámetros recomendados para la etapa 4

Parámetros	Etapa 2	Información
Temperatura	4°C	Temperatura de trabajo para poder carbonatar.
Presión	1 bar	Presión atmosférica.
Total de flujo	1000.38 kg/h	Flujo de alimentación total para la elaboración de 1000 kg/h o 1000 ltrs/h, en la etapa 4.
% de corriente de salida de etapa 3	99.8623%	% de Ingreso del flujo total de trabajo en la etapa 4.
% CO <sub>2</sub>	0.13769 %	% de CO <sub>2</sub> de ingreso del flujo total de trabajo en la etapa 4.

Realizado por: León Jaime, 2021.

#### 4.3.2. Resultados de la simulación en FLEXSIM

La simulación fue realizada solo para la parte de producción de dicha bebida, dentro de la simulación se trabajó con los tiempos reales con los cuales se debe trabajar en la planta.



**Figura 5-4:** Simulación completa del proceso de producción de la bebida

Realizado por: León Jaime, 2021.

La primera etapa cuenta con un tiempo de realización de 15 min, aquí se realiza la adquisición de cierta materia prima y su revisión, la segunda etapa con 24 min, en este tiempo se realiza el primer mezclado y el primer filtrado, la tercera etapa con 20 min, aquí se mezcla el jarabe ya realizado con el extracto de fruta que escoja el fabricante, la cuarta etapa con 21 min en donde se

procede a carbonatar la bebida, y la última etapa con 20 min donde se realiza el llenado de las botella y su empaquetado correspondiente para luego ser almacenado y distribuidos.

El proceso en total tiene un tiempo de 100 min lo cual es equivalente a 1:40 horas para la producción de una botella o de un lote, este tiempo esta propuesto con la estimación que no existan inconvenientes dentro del proceso.

#### **4.4. Balance de masa del proceso**

##### ***4.4.1. Balance de masa de las etapas del proceso***

##### **Balance global**

$$\text{ENTRADA} = \text{SALIDA} \quad (\text{Ec. 1-4})$$

$$A + B + D + F = G \quad (\text{Ec. 2-4})$$

##### **Balance por cada etapa**

$$A + B = C \quad (\text{Ec. 3-4})$$

$$D + C = E \quad (\text{Ec. 4-4})$$

$$F + E = G \quad (\text{Ec. 5-4})$$

**Donde:**

**A**= Flujo de agua tratada

**B**= Flujo de Miel de Agave

**C**= Jarabe elaborado

**D**= Flujo de extracto de pulpa de fruta

**E**= Bebida no carbonatada

**F**= Flujo de CO<sub>2</sub> (gas)

**G**= Bebida carbonatada

### Flujos de entradas

$$A = 839 \text{ kg/h}$$

$$B = 60 \text{ kg/h}$$

$$D = 100 \text{ kg/h}$$

### Flujos de entradas a diferentes temperaturas de carbonatación

$$F(2^{\circ}\text{C}) = 1.479 \text{ kg/h}$$

$$F(4^{\circ}\text{C}) = 1.377 \text{ kg/h}$$

$$F(10^{\circ}\text{C}) = 1.173 \text{ kg/h}$$

### Balance de masa en la segunda etapa de la simulación

$$A + B = C \quad (\text{Ec. 3-4})$$

$$839 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 60 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = C$$

Por lo tanto, el flujo de C es:

$$C = 899 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

### Balance de masa en la tercera etapa de la simulación

$$D + C = E \quad (\text{Ec. 4-4})$$

$$100 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 899 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = E$$

Por lo tanto, el flujo de E es:

$$E = 999 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

### Balance de masa en la cuarta etapa de la simulación a 2°C

$$F + E = G \quad (\text{Ec. 5-4})$$

$$1.479 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 999 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = G$$

Por lo tanto, el flujo de G es:

$$G = 1000.48 \frac{kg}{h}$$

#### **Balance de masa en la cuarta etapa de la simulación a 4 °C**

$$F + E = G \quad (\text{Ec. 5-4})$$

$$1.377 \frac{kg}{h} + 999 \frac{kg}{h} = G$$

Por lo tanto, el flujo de G es:

$$G = 1000.38 \frac{kg}{h}$$

#### **Balance de masa en la cuarta etapa de la simulación a 10°C**

$$F + E = G \quad (\text{Ec. 5-4})$$

$$1.173 \frac{kg}{h} + 999 \frac{kg}{h} = G$$

Por lo tanto, el flujo de G es:

$$G = 1000.17 \frac{kg}{h}$$

#### **Balance de masa por componente en la simulación**

##### **Balance de masa de agua**

$$A.X_{agua} + B.X_{agua} + D.X_{agua} + F.X_{agua} = G.X_{agua} \quad (\text{Ec. 6-4})$$

$$839(1) + 60(0.022) + 100(0.4) + F(0) = G.X_{agua}$$

Por lo tanto, el flujo de agua en la salida del proceso es:

$$G.X_{agua} = 891.495 \frac{kg}{h}$$

##### **Balance de masa de fructosa**

$$A.X_{fructosa} + B.X_{fructosa} + D.X_{fructosa} + F.X_{fructosa} = G.X_{fructosa} \quad (\text{Ec. 7-4})$$

$$839.(0) + 60.(0.7377) + 100.(0.4) + F.(0) = G.fructosa$$

Por lo tanto, el flujo de fructosa en la salida del proceso es:

$$G.Xfructosa = 84.262 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

**Balance de masa de glucosa**

$$A.Xglucosa + B.Xglucosa + D.Xglucosa + F.Xglucosa = G.Xglucosa \quad (\text{Ec. 8-4})$$
$$839.(0) + 60.(0.028) + 100.(0.05) + F.(0) = G.Xglucosa$$

Por lo tanto, el flujo de glucosa en la salida del proceso es:

$$G.Xglucosa = 5.0168 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

**Balance de masa de sacarosa**

$$A.Xsacarosa + B.Xsacarosa + D.Xsacarosa + F.Xsacarosa = G.Xsacarosa \quad (\text{Ec. 8-4})$$
$$839.(0) + 60.(0.2123) + 100.(0.15) + F.(0) = G.Xsacarosa$$

Por lo tanto, el flujo de glucosa en la salida del proceso es:

$$G.Xsacarosa = 18.2262 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

## CONCLUSIONES

- ✓ La elaboración de bebidas carbonatadas es un proceso muy riguroso donde se debe controlar ciertas características como la temperatura, la presión, concentración de cada componente que se adicione y la calidad de la materia prima a utilizar, de esta depende si debemos elevar más la temperatura o bajarla, la utilización de la miel de agave en una bebida carbonatada es muy novedosa ya que todavía no existe en el mercado del país, la elaboración de cuya bebida puede crear nuevas plazas de trabajo, al ser implementado en una empresa o ser utilizado como emprendimiento, a su vez esta bebida puede ser consumida por personas las cuales sufren de diabetes los cuales no pueden consumir una gaseosa normal, cuya miel esta constituidas por proteínas, vitaminas y niacina, lo cual la vuelve a su vez una bebida que ayuda a limpiar el organismo, mejora la absorción de minerales y disminuyendo el colesterol en el cuerpo.
- ✓ El proceso escogido para la simulación fue la carbonatación por Batch el cual es el más usado por las empresas, este nos permite realizar todo el proceso de elaboración de la bebida no carbonatada y por último este pasa a un tanque donde es carbonatado, en este tanque se reduce la presión y se inyecta el CO<sub>2</sub> necesario para la bebida, el proceso de carbonatación fue realizado con una variación de temperatura para poder ingresar el CO<sub>2</sub> en la bebida, a pesar de ser valores casi parecidos estos pueden marcar una gran diferencia, si se agrega en exceso el CO<sub>2</sub> tendremos un sobre carbonatación lo cual no es tan agradable para el público que consume la bebida, se escogió la temperatura de 4°C ya que los volumen de CO<sub>2</sub> ingresado está en el rango de la cantidad adecuada según (INFRA 2020), y a su vez la temperatura de 4°C es perfecta para el almacenamiento del producto ya elaborado y aumentar su tiempo de vida.
- ✓ La utilización de DWSIM en la elaboración de la bebida juega un paso muy papel muy importante, ya que este nos permitió calcular y predecir ciertos parámetros dentro del proceso ahorrándonos tiempo y dinero, de haberse elaborado en físico pudo haber requerido más tiempo y dinero en el desarrollo del proceso, hasta haber dado con las cantidades exactas en cada flujo de entrada, por lo cual se estableció las variables en los flujos de entrada en el proceso de DWSIM, para poder mostrar la temperatura necesaria para cumplir en cada etapa del proceso y lograr obtener un producto final, el cual cumpla con los requerimientos según la norma ecuatoriana NTE INEN 1101.
- ✓ El software de FLEXSIM nos permitió realizar el proceso de una manera más visual y dinámico a la vista, a su vez estimar los tiempos necesarios que demora cada operación, el proceso de elaboración de dicha bebida tomara 1h40min, este tiempo tomado fue elaborado sin interferencias en el proceso.

## **RECOMENDACIONES**

- ✓ Realizar la bebida utilizando las normas específicas de cada país para la elaboración de dicha bebida, estas indicaran la cantidad máxima y mínima de cada materia prima.
- ✓ Verificar los paquetes termodinámicos que se vallan a utilizar dependiendo la línea de alimentación y los componentes que la componen, a su vez también revisar el correcto funcionamiento de estos paquetes en cada equipo que se utilice.
- ✓ En caso de no contar con el componente necesario, crearlo utilizando los datos que se encuentren en fuentes confiables o de las páginas que el software DWSIM nos recomienda.



## BIBLIOGRAFÍA

**BAUTISTA D., N. y ARIAS A., G.C., 2008.** *Estudio químico bromatológico de aguamiel de Agave americana L. (Maguey)*. 2008. S.l.: s.n.

**BIRROCRACIA, 2014.** Carbonatación. *Carbonatacion de barriles con CO2* [en línea]. Disponible en: <https://birrocracia.wordpress.com/2014/11/16/carbonatacion-de-barriles-con-co2/>.

**COBO, C., 2016.** La Cultura Del Penco (Agave Americano Andino), Un Patrimonio Cultural De Los Andes Ecuatoriales. *Anagavec* [en línea]. Disponible en: <https://anagavec.wixsite.com/anagavec/la-cultura-del-penco>.

**CODEX, 2016.** *patente de miel de agave.PDF*. 2016. S.l.: s.n.

**DWSIM, 2019.** DWSIM Simulator. [en línea]. Disponible en: <https://dwsim.inforside.com.br/wiki/index.php?title=CAPE-OPEN>.

**FAOSTA, 2020.** FAOSTAT. *Datos de produccion de Agave* [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/?#data/QC>.

**FLEXSIM, 2021.** Que es FlexSim. [en línea], Disponible en: <https://www.flexsim.com/es/flexsim/#model-analysis>.

**GARCÍA VALDÉS, D.A., 2003.** Programa de mantenimiento preventivo para un equipo carbonatador de bebidas. ,

**GUAMAN, G., 2016.** Plan de negocios para la fabricación y comercialización de una bebida gaseosa apto para diabéticos. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* [en línea], vol. 20, no. 1. ISSN 08895406. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.09.016><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=M+Yamaguchi+RANK+?+RANKL+?+OPG+during+orthodontic+tooth+movement%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ajodo.2018.10.015><http://dx.doi.org/10.1186/s40510-016-0158-5><http://ww>.

**GUZMÁN ZURITA, P.W., 2014.** Diseño De Una Planta Para La Obtención De Una Bebida Carbonatada De Jugo Clarificado De Mora. [en línea], pp. 264. Disponible en:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8804/1/CD-5896.pdf>.

**INFRA, 2020. CARBONATACIÓN.** *Carbonatacion de bebidas* [en línea], Disponible en: <https://grupoinfra.com/files/libreria-de-descargas/carbonatacion-bebidas.pdf>.

**LÓPEZ SÁNCHEZ, L.G. y LUCERO, O., 2014.** Elaboración, control de calidad y evaluación de la actividad antidiabética de la miel de agave (Agave americana L.). *Facultad de Ciencias, ESPOCH*, vol. Bachelor, pp. 186.

**MAEZ, R., 2010.** KUII. [en línea]. Disponible en: <http://www.kuii.com.mx7node/217>.

**MARIN, S., 2020.** Modelación 3D. [en línea]. Disponible en: <http://mgsebastian.com/maquetacion-3d/#:~:text=La maquetación 3D o modelismo,son un producto totalmente personalizado.>

**MATICORENA-TORRES, L., 2016.** Carbonatada de Algarrobina. [en línea], Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2742/ING\\_575.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2742/ING_575.pdf?sequence=1).

**NTE INEN, 1101, 2017.** ECUATORIANA NTE INEN 1101. [en línea], Disponible en: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1101-4.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1101-4.pdf).

**PROFILE, S.E.E., 2018.** de Destilación en Estado Estacionario ( Development of an Open Source Tool for Rigorous Distillation Colu ... Desarrollo de una Herramienta Libre para la Simulación Rigurosa de Columnas de Destilación en Estado Estacionario Gustavo A . León Díaz Universid. , no. February.

**RECINOS, J.A.R., 2013.** Estudio De Prefactibilidad Tecnica Y Economica De La Implementacion De Una Nueva Tecnologia De Carbonatacion Por Contactor De Membrana En Sustitucion De Un Equipo Convencional En Una Planta De Bebidas Carbonatadas. [en línea], pp. 130. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1362\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1362_Q.pdf).

**REYES, J.M., 2014.** 10 beneficios de la miel de agave. *En forma 180* [en línea]. Disponible en: <https://www.salud180.com/nutricion-y-ejercicio/10-beneficios-de-la-miel-de-agave>.

**SCODELARO, F., 2017.** DWSIM. *Descarga DWSIM, un simulador de procesos altamente funcional y totalmente gratuito* [en línea]. Disponible en: <http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/dwsim-simulador-procesos>.

**SEGOVIA BAUS, F., 2013.** Pontificia Universidad Católica del Ecuador. *Economía*, pp. 1-41.

**VARGAS, A., 2014.** Caracterización Nutricional Y Desarrollo de Productos a partir del Agave Americana. *McKinsey Quarterly* [en línea], vol. 2, no. 1, pp. 1-22. ISSN 1750-8614. Disponible en:[http://wfa.ust.hk/women\\_matter\\_asia\\_files/Women\\_Matter\\_Asia.pdf](http://wfa.ust.hk/women_matter_asia_files/Women_Matter_Asia.pdf)<http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2014.01.052><https://www.mckinsey.com/featured-insights/leadership/the-leadership-journey-of-abraham-lincoln?cid=other-eml-alt-mkq-mck-oth-1805&hlkid=145b6>.

## ANEXOS

### ANEXO A: TABLA PARA CARBONATACIÓN FORZADA CON CO<sub>2</sub>

		Temperatura °C															
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Carbonatación Volúmenes CO <sub>2</sub>	1.5			0.08	0.16	0.25	0.34	0.43	0.53	0.62	0.72	0.82	0.92	1.03	1.13	1.24	1.35
	1.6		0.06	0.15	0.24	0.34	0.43	0.52	0.62	0.72	0.82	0.93	1.04	1.14	1.26	1.37	1.48
	1.7	0.04	0.13	0.22	0.32	0.42	0.51	0.61	0.72	0.82	0.92	1.04	1.15	1.26	1.38	1.49	1.61
	1.8	0.11	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.71	0.81	0.92	1.03	1.15	1.26	1.38	1.50	1.62	1.74
	1.9	0.17	0.27	0.37	0.48	0.58	0.69	0.80	0.91	1.02	1.14	1.26	1.38	1.50	1.62	1.75	1.87
	2.0	0.24	0.34	0.45	0.56	0.66	0.78	0.89	1.01	1.12	1.24	1.36	1.49	1.61	1.74	1.87	2.00
	2.1	0.31	0.41	0.52	0.63	0.75	0.86	0.98	1.10	1.22	1.35	1.47	1.60	1.73	1.86	2.00	2.13
	2.2	0.37	0.48	0.60	0.71	0.83	0.95	1.07	1.20	1.32	1.45	1.58	1.71	1.85	1.99	2.12	2.26
	2.3	0.44	0.55	0.67	0.79	0.91	1.04	1.16	1.29	1.42	1.56	1.69	1.83	1.97	2.11	2.25	2.39
	2.4	0.50	0.62	0.74	0.87	1.00	1.12	1.25	1.39	1.52	1.66	1.80	1.94	2.08	2.23	2.38	2.52
	2.5	0.57	0.69	0.82	0.95	1.08	1.21	1.35	1.48	1.62	1.76	1.91	2.05	2.20	2.35	2.50	2.65
	2.6	0.63	0.76	0.89	1.02	1.16	1.30	1.44	1.58	1.72	1.87	2.01	2.16	2.32	2.47	2.63	2.78
	2.7	0.70	0.83	0.97	1.10	1.24	1.38	1.53	1.67	1.82	1.97	2.12	2.28	2.43	2.59	2.75	2.91
	2.8	0.76	0.90	1.04	1.18	1.32	1.47	1.62	1.77	1.92	2.07	2.23	2.39	2.55	2.71	2.88	3.04
	2.9	0.83	0.97	1.11	1.26	1.41	1.56	1.71	1.86	2.02	2.18	2.34	2.50	2.67	2.83	3.00	3.17
3.0	0.89	1.04	1.19	1.34	1.49	1.64	1.80	1.96	2.12	2.28	2.45	2.61	2.78	2.95	3.13	3.30	

Presiones en bares

Fuente:(Birrocacia 2014)



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

*Fecha de entrega: 07 / 09 / 2021*

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Jaime Jonathan Leon Vera</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Química</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniero Químico</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente  
por LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.10.07  
12:42:36 -05'00'



0813-DBRAI-UPT-2021