



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO  
EXTERIOR**

**TESIS  
SIMULACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE  
WHISKY ARTESANAL DE MAIZ (*Zea Mays*)  
UTILIZANDO EL SOFTWARE DWSIM, HUARMACA, 2021**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIEROAGROINDUSTRIAL Y COMERCIO  
EXTERIOR**

**Autor:**

**Bach. Chinchay Chinchay Dilcia**

**(<https://orcid.org/0000-0002-9202-4151>)**

**Asesor:**

**MSc. Ing. Solano Cornejo Miguel Ángel**

**(<https://orcid.org/0000-0002-8221-7443>)**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología Y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2022**

**SIMULACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE WHISKY ARTESANAL  
DE MAIZ (*Zea Mays*) UTILIZANDO EL SOFTWARE DWSIM, HUARMACA,  
2021**

**PRESENTADO POR:**

---

**Bach. Chinchay Chinchay Dilcia  
Autor**

**APROBACIÓN DEL JURADO:**

---

**MSc. Ing. Aurora Vigo Edward Florencio  
Presidente Del Jurado De Tesis**

---

**MSc. Ing. Solano Cornejo Miguel Ángel  
Secretario del Jurado de Tesis**

---

**Ing. Símpalo López Walter Bernardo  
Vocal del Jurado de Tesis**

**2022**

## DEDICATORIA

*Esta dedicado principalmente a Dios, por ser fuente de inspiración y darme la fuerza para terminar mi carrera que tanto anhelo y poder recibir los honores de grado de Ingeniera Agro industrial y Comercio Exterior.*

*A mis padres, por su amor y su acompañamiento a lo largo de mi vida, son ellos mi motivación para seguir creciendo profesionalmente y personalmente. Me siento orgullosa de ser su hija, viviré eternamente agradecida con ellos.*

*A mis hermanos por ser el apoyo moral en transcurrir de la vida. Y en especial a mi amiga que siempre está motivándome cada día a seguir adelante y demostrarme que aún no se ha perdido la amistad en este mundo de hipocresía y de apariencias amargas. Gracias por estar a en momentos de éxitos y derrotas amiga.*

*A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.*

*Agradezco a mis docentes de la universidad Señor de SIPAN, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, quienes me han guiado con su paciencia, y su rectitud como docentes.*

*Y principalmente me lo dedico a mí, como reconocimiento a las noches largas desveladas y a los días amargos y felices que como seres humanos.*

*“Sin sacrificio y sudor no hay victoria en esta vida”*

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero extender un profundo agradecimiento especialmente a Dios, mis padres, hermanos, enamorado, amigos y a todos aquellos que estuvieron conmigo en esta trayectoria de mi vida, han sido mi motivación, inspiración y fuerza para no rendirme. Un agradecimiento de corazón a ustedes por demostrarme que en esta vida siempre se puede contar con alguien, del cual se puede apoyar para lograr nuestros objetivos.*

*Agradezco también a la Universidad Señor de Sipán, por permitirme adquirir todos los conocimientos los cuales me servirán para desarrollarme profesionalmente, un agradecimiento a cada uno de mis docentes, que con su apoyo y enseñanzas constituyen una base sólida de mi vida profesional.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática .....	11
1.2. Antecedentes de estudio .....	12
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	17
1.4. Formulación del problema .....	28
1.5. Justificación e importancia del estudio .....	28
1.6. Hipótesis.....	29
1.7. Objetivos.....	29
1.7.1. Objetivo general.....	29
1.7.2. Objetivos específicos .....	29
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
2.1. Tipo y diseño de la investigación .....	30
2.2. Población y muestra.....	30
2.3. Variables y operacionalización .....	31
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .	34
2.5. Procedimientos de análisis de datos .....	34
2.6. Criterios éticos.....	37
2.7. Criterios de rigor científico.....	38
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
3.1. Resultados en Tablas y Figuras.....	39
3.2. Discusión de los resultados .....	60
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
4.1. Conclusiones .....	64
4.2. Recomendaciones .....	65
<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Metodologías en la obtención de whisky artesanal .....	20
Tabla 2 Objetos de columna de destilación.....	27
Tabla 3 Producción Agropecuaria de maíz para el año 2021.....	31
Tabla 4 Materia requerida en la simulación de producción de Whisky.....	31
Tabla 5 .....	33
Tabla 6 Parámetros de la materia prima en la simulación.....	39
Tabla 7 Componentes de la materia prima en la simulación.....	40
Tabla 8 Coeficiente de correlación de Spearman de la materia prima y el proceso en la simulación.....	43
Tabla 9 Maquinaria de producción.....	45
Tabla 10 Equipo de producción.....	46
Tabla 11 Equipo de oficina.....	46
Tabla 12 Vehículo de transporte .....	46
Tabla 13 Gastos preoperativos.....	47
Tabla 14 Capital de trabajo en los primeros 5 años.....	48
Tabla 15 Capital de trabajo en los primeros 5 meses.....	48
Tabla 16 Inversión total .....	49
Tabla 17 Presupuesto de ingresos en los próximos 5 años.....	50
Tabla 18 Costo de materiales por unidad de 700 ml de whisky .....	50
Tabla 19 Mano de obra directa de producción .....	51
Tabla 20 Costo anual de energía eléctrica de la producción de whisky .....	51
Tabla 21 Costo de producción de la producción de whisky.....	52
Tabla 22 Colaboradores administrativos de la producción de whisky.....	52
Tabla 23 Gastos administrativos de la producción de whisky .....	53
Tabla 24 Colaboradores de comercialización de la producción de whisky.....	53
Tabla 25 Gastos de comercialización de la producción de whisky.....	54
Tabla 26 Gastos financieros de la producción de whisky.....	54
Tabla 27 Depreciación de la inversión tangible de la producción de whisky ....	55
Tabla 28 Tasa mínima aceptable de rendimiento de la producción de whisky .	55
Tabla 29 Resumen de indicadores económicos y financieros.....	56
Tabla 30 Flujo de caja de la producción de whisky .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Indicadores de la actividad mundial .....	11
Figura 2 Diagrama de flujo de referencia para obtención de whisky artesanal a partir de Maíz .....	25
Figura 3 Diferentes operaciones unitarias disponibles en DWSIM.....	26
Figura 4 Estructura del proceso de simulación.....	35
Figura 5 Guía para alcanzar conocimientos válidos en un proyecto de simulación .....	36
Figura 6 Descripción de los materiales a utilizar trigo .....	41
Figura 7 Descripción de los materiales a utilizar malta .....	41
Figura 8 Descripción de los materiales a utilizar maíz .....	42
Figura 9 Diagrama de la producción de whisky en el software DWSIM. ....	59

## RESUMEN

### **SIMULACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE WHISKY ARTESANAL DE MAÍZ (*Zea Mays*) UTILIZANDO EL SOFTWARE DWSIM, HUARMACA, 2021**

*Bach. Chinchay Chinchay Dilcia*

*Existen pocos estudios de simulación en la literatura con enfoque en la producción de whisky artesanal a partir de maíz mediante un proceso de simulación, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una metodología basada en el modelado y simulación de escenarios para la producción de whisky artesanal a partir de maíz para un micro y pequeño emprendedor en la localidad de Huarmaca. Para ello se elaboró el diagrama de flujo del proceso productivos a través del software de interfaz abierta DWSIM® Versión 6.6, donde la materia prima principal de maíz y sus complementos de trigo y malta se desarrollaron mediante un paquete de fluido termodinámico con el modelo de coeficiente de actividad de dos líquidos no aleatorios (NRTL). Los resultados de la densidad de whisky se calculan en 10.74% de la materia inicial; los datos de entrada al simulador resultaron ser en peso molecular y densidad de: 180.7 g/mol y 760 g/cm<sup>3</sup> para maíz, 124.5 g/mol y 795 g/cm<sup>3</sup> para malta, 166.1 g/mol y 565 g/cm<sup>3</sup> para trigo, 129.9 g/mol y 1040 g/cm<sup>3</sup> para levadura; no existe relación entre el maíz, la malta, el trigo con el conocimiento y la fermentación, ni ellos con la destilación, maduración y producto final; el costo de producción del whisky es de S/2,400,121.36. Se concluye que se logró simular con satisfacción la producción de whisky a partir de maíz de la zona de Huarmaca en Perú, concluyendo el proceso de recepción, limpieza, molienda, mezcla, cocción, enfriamiento, dilución, fermentación, destilación y maduración.*

**Palabras claves:** *Whisky, maíz, trigo, malta, simulador, DWSIM.*

## ABSTRACT

### **SIMULATION OF THE PROCESS OF OBTAINING ARTISANAL CORN WHISKEY (Zea Mays) USING DWSIM SOFTWARE, HUARMACA, 2021**

*Bach. Chinchay Chinchay Dilcia*

There are few simulation studies in the literature focused on the production of artisanal whiskey from corn through a simulation process, therefore, the objective of this work was to develop a methodology based on modeling and simulation of production scenarios of craft whiskey from corn for a micro and small entrepreneur in the town of Huarmaca. For this, the flow diagram of the production process was elaborated through the open interface software DWSIM® Version 6.6, where the main raw material of corn and its complements of wheat and malt were developed through a thermodynamic fluid package with the coefficient model nonrandom two-liquid (NRTL) activity test. Whiskey density results are calculated at 10.74% of starting material; the input data to the simulator turned out to be in molecular weight and density: 180.7 g/mol and 760 g/cm<sup>3</sup> for corn, 124.5 g/mol and 795 g/cm<sup>3</sup> for malt, 166.1 g/mol and 565 g/cm<sup>3</sup> for wheat, 129.9 g/mol and 1040 g/cm<sup>3</sup> for yeast; there is no relationship between corn, malt, wheat with knowledge and fermentation, nor they with distillation, maturation and final product; the production cost of whiskey is S/2,400,121.36. It is concluded that it was possible to successfully simulate the production of whiskey from corn in the Huarmaca area in Peru, concluding the process of reception, cleaning, grinding, mixing, cooking, cooling, dilution, fermentation, distillation and maturation.

**Keywords:** *Whisky, corn, wheat, malt, simulator, DWSIM.*

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales ancestrales perteneciente a la familia gramíneas originado en los trópicos de América Latina, especialmente las especies *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena* que han sido uno de los principales cultivos y consumidos en América Latina, por lo que en la actualidad sigue siendo importante a nivel industrial con usos amplios para la producción de alimentos, del cual se puede elaborar diversos productos, tales como aceite, harina, jarabes y bebidas fermentadas artesanales (Deras, 2020), debido a su elevado contenido en almidón como una fuente de glucosa que puede ser transformada en etanol (Bautista et al., 2019).

El cual se produce mediante procesos fermentativos de degradación del almidón mediante la combinación de diversas enzimas, las cuales aumentan la disponibilidad de almidón con el fin de poder ser hidrolizado hasta azúcares básicos, los cuales son consumidos por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* para producir alcohol (Rodríguez, 2018) que está directamente relacionado con el turismo, agricultura y economía, sin embargo, en la actualidad el maíz solo se produce para elaborar chicha o alimento para animales en la localidad de Huarmaca, además los escasos estudios sobre el empleo del maíz para producir whisky en la región mantienen un limitado procesamiento de este valioso grano.

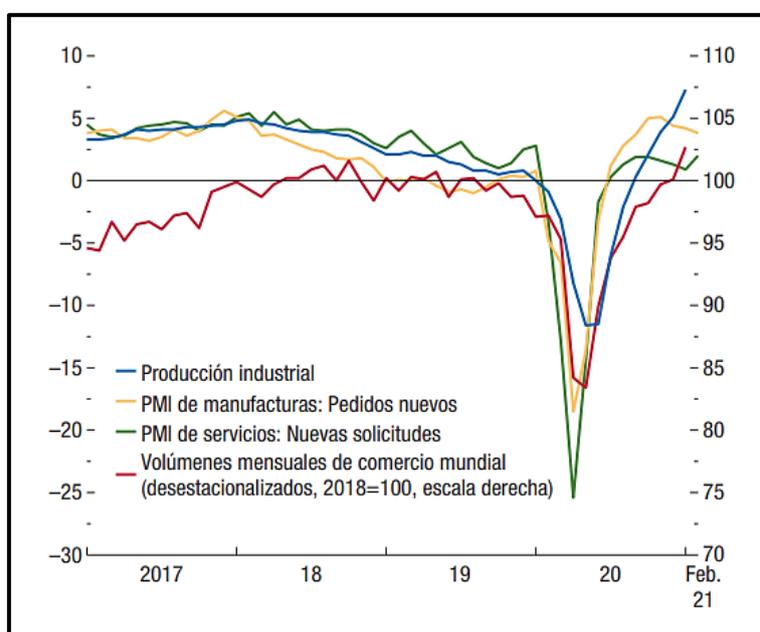
Por tal motivo, esta investigación plantea elaborar una bebida alcohólica en base al maíz como una alternativa para la manufactura de un producto novedoso para los agricultores de Huarmaca mediante la simulación del proceso obtención de whisky artesanal a partir maíz, mejorando el entendimiento de cómo opera el sistema de producción para reducir el riesgo de error y disminuir los costos asociados con la experimentación en el sistema real, considerando como aspiración que sea un producto de alta gama, pues estos cada vez cobra más fuerza en la búsqueda de calidad artesanal, de esta manera facilitando la generación de nuevos ingresos para la localidad y promover el potenciamiento de los cereales para la elaboración de whisky como el maíz, la malta y el trigo.

## 1.1. Realidad problemática

En los últimos años, se puede observar que los indicadores de alta frecuencia, en cuanto, a la producción industrial mundial, han ido disminuyendo a lo largo de los años, incluso antes de la pandemia (Fondo Monetario Internacional, 2021). Esto significa, para la producción artesanal alimentaria, un descenso en su índice de producción por problemas en la economía, debido a factores sociales, éticos y ambientales. Por lo tanto, estas pequeñas empresas deben innovar para brindar al público un producto único, diferente y de calidad.

**Figura 1**

*Indicadores de la actividad mundial*



*Nota.* Fondo monetario internacional (2021)

De esta manera, el cambio de actitud del consumidor, la elección de los productos se realiza gracias a las exigencias que el consumidor cree es bueno para él, y a veces no solo bueno, sino deslumbrante ante sus ojos. En los últimos años, los productos artesanales han cobrado fuerza en el mercado peruano, entre ellos: las bebidas alcohólicas. Cada peruano bebe, en promedio, 8.1 litros de alcohol al año, lo cual, nos permitió ocupar el 6to lugar en Latinoamérica de consumo de licor. En primer lugar, de esa lista se encuentra Chile con 9.6 litros (Souza, R. y Murrieta, J., 2017).

Según Souza, R. y Murrieta, J. (2017), la cerveza es la bebida alcohólica más consumida por los peruanos (47 litros por persona), seguido del vino (1,5 litros por persona) y los licores (cerca 1 litro por persona). En el año 2016, la bebida que más se importó Perú fue el whisky, el ron y el vodka, la distribución de estas categorías se desarrollan de la misma forma en los distintos niveles socioeconómicos debido a que tienen diferentes segmentos. El Whisky figura como la categoría principal de licores importados representando más del 50% de las compras totales, siendo el whisky escocés el de mayor adquisición.

Según estos datos, se puede inferir que el ingrediente principal del whisky que más se consume en el Perú es la cebada y el trigo. El consumidor consume lo que encuentra en el mercado, sin embargo, siempre está en constante cambio, por lo cual, y la razón por la que sigue consumiendo estos whiskys importados, es que aún no ha encontrado algún whisky producido en el Perú que sea especial a su paladar, con un sabor exquisito y un aroma único. En el distrito de Huarmaca en Piura, se han realizado estudios acerca del ingrediente principal del whisky tratando de sustituirlo.

Sin embargo, no han sido muchos y puede ser debido a la pobre explotación e industrialización que existe en esta zona, haciendo notoria que la obtención de bebidas alcohólicas es realizada de manera empírica. Por ello, es que en este trabajo de investigación se obtendrá un whisky artesanal de maíz (Zea Mays), siendo un producto innovador para el consumidor. Y debido a ello, es que también se plantea simular el proceso de su elaboración.

## **1.2. Antecedentes de estudio**

Se consideraron como antecedentes investigaciones relativas tanto a la obtención experimental de whisky y otras bebidas alcohólicas como a la simulación de obtención de alcohol y etanol debido a que no se evidencia estudios contemporáneos sobre la simulación del proceso de obtención de whisky a partir de maíz debido a que es una práctica novedosa.

### 1.2.1. Internacionales

Arias (2020) en su estudio de investigación titulado “Determinación de las características fisicoquímicas y microbianas del mucílago del café para la bioproducción de alcohol y la simulación de su obtención con el software Aspen HYSYS y Aspen Plus”, estudió la problemática que radica en el desconocimiento o falta de mecanismos para el uso de los residuos del café: mucílago, que son desechados afectando el medio ambiente, por ello, su objetivo principal es evaluar la bioproducción de alcohol y la simulación de su obtención. La metodología es aplicada, experimental, siguiendo un proceso de utilización de los softwares. Como resultado, se obtuvo, la determinación del comportamiento de las moléculas de glucosa contenidas en la composición real del mucílago de café asimismo seleccionó el modelo termodinámico y el ajuste de condiciones de fermentación, de esta manera concluyó que es posible la simulación en los programas para conseguir resultados semejantes a los datos experimentales.

Palacios et al., (2020), en su investigación denominada “Uso del almidón de papa súper chola (*solanum tuberosum*) en la producción de una bebida alcohólica”, debido a la problemática que radica en la crisis económica de Ecuador que obliga a desarrollar proyectos de emprendimiento para generar fuente de empleo, teniendo en cuenta que el consumo de vodka es del 3.70%, por ello el objetivo es utilizar el almidón de la papa para la preparación de una bebida alcohólica (vodka). La metodología que utilizaron fue descriptiva, experimental, donde se realizaron procesos de malteado, fermentación, filtración y destilación, teniendo como resultado una bebida alcohólica (vodka) analizado fisicoquímicamente: de color transparente, olor característico, sabor a papa, estado líquido, grados brix entre 16.25 – 20.45, pH entre 5.96 – 7.03, alcohol con 40° Gay Lusac. Se llegó a concluir que se tiene un rendimiento del 30% de alcohol, además que es apto para consumo humano.

Rodríguez (2018), en su investigación denominada “Malteado y fermentación de maíz para la obtención de whisky artesanal”, debido a que para la producción actual de whisky se utiliza el grano de maíz sin el proceso de malteado, utilizándose presión y altas temperaturas para su procesamiento, por

ello, tuvo como objetivo optimizar el proceso de malteado y fermentado utilizando tres especies de maíz criollo para producir whisky artesanal. La metodología a utilizar fue descriptiva y experimental, asimismo la utilización de las etapas del proceso de elaboración de whisky insertando el malteado y fermentación, teniendo como resultado que un tiempo de remojo de 4 días con 24 horas de remojo son suficientes para el malteado mientras que para la fermentación los resultados más óptimos se lograron mediante el mosto de malta de maíz a 30°C y con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* obteniendo un 3.64% de etanol, concluyendo así que es posible la obtención de un whisky artesanal de buena aceptación.

Guerrero, Emilia y Yépez, Andrea (2018), en su investigación denominada “Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de yuca (*Manihot esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)”, debido a que existen productos que no satisfacen los estándares para ser vendidos por lo que se recomiendan procesarlos, por ello, el objetivo es elaborar una bebida tipo vodka con 39% alcohol por volumen (ABV) a partir de yuca y zanahoria blanca, se utilizó la metodología descriptiva, experimental, asimismo, la metodología de elaboración del vodka. Teniendo como resultado la identificación de la mejor combinación de materia prima, para lo cual se empleó diseño factorial 2<sup>2</sup> con puntos centrales para evaluar el impacto de la composición de zanahoria y yuca, y el periodo de procedimiento con una cantidad mayor de sólidos solubles en el mosto de la bebida, concluyendo que el procedimiento óptimo es la mezcla de 50% yuca y 50% zanahoria blanca con un tiempo de cocción de 40 minutos aproximadamente.

Lauzurique et al., (2017) en su estudio titulado “evaluación de técnicas de deshidratación de etanol aplicando la simulación”, debido a la problemática que radica en la contaminación atmosférica que la deshidratación de etanol produce, tuvo como objetivo evaluar las técnicas de deshidratación para determinar la de mayor impacto técnico-económicas. La metodología empleada fue descriptiva, utilizando una simulación de un sistema de prueba en el software HYSYS versión 3.2, investigando los parámetros: temperatura y flujo de alimentación, teniendo como resultado el análisis de la influencia de las variaciones de los

parámetros, donde se verificó errores relativos menores que 5%, donde los modelos de simulación representan adecuadamente los sistemas, concluyendo así que la mejor alternativa de implementación es la adsorción con tamices moleculares al tener mayor tasa de rendimiento actualizada.

### **1.2.2. Nacionales**

Milón (2019), realizó una investigación titulada “Elaboración de whiskey de maíz morado denominado Black Whiskey”, cuya problemática radica en la no existencia de destilerías de whiskey en Perú y la demanda de bebidas alcohólicas, siendo así el whiskey, popular nivel mundial, por ello, el objetivo principal es definir las recetas, procesos y parámetros de control para la elaboración de Black Whiskey en las tres líneas de 300l a 1000l y 10000l. La metodología usar es experimental, descriptiva, donde se utilizó las etapas de elaboración de whiskey tales como: molienda, cocción, fermentación y destilación. Como resultado se obtiene los parámetros de control en cada proceso para su elaboración piloto, y a escalas en las tres líneas utilizando el maíz morado como materia prima principal, concluyéndose que la línea de diez mil litros genera la mayor eficiencia definida como los grados Brix, obtenidos por los litros de mosto en relación con las horas hombre usadas, ya es que 21.43 más eficiente que la línea de 300 litros.

Rosendo (2017) en su investigación denominada “Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller procedente del distrito de San Bartolomé, Huarochirí-Lima”, donde la problemática radica en la no utilización de esta materia prima que aportaría una oportunidad de mejora en la producción, por lo cual, su objetivo es elaborar una bebida alcohólica destilada a partir de tuna. La metodología a utilizar fue descriptiva, pre-experimental en el proceso de elaboración del pisco, teniendo como resultado 24 tratamientos de fermentación considerando 4 variables: el tipo de materia prima, la dilución, la concentración de levadura y el pH, siendo los parámetros de mayor rendimiento: pH 4,0, dilución 1:2 (pulpa: agua) y concentración de levadura 0,4 g/L, concluyéndose que la bebida alcohólica destilada obtenida cumple con todos los requisitos fisicoquímicos de la NTP 211.001 (para elaboración de pisco), con excepción del valor de alcoholes superiores totales.

García, Victor (2016) en su estudio de investigación titulado “Modelado y simulación del sistema de destilación de la planta piloto de alcohol de la UNAP-FIQ, para la obtención de bioetanol carburante”, cuya problemática radica en la emisión de gases de efecto invernadero que produce la utilización de combustibles de origen fósil, es por ello, que el objetivo es modelar y simular un sistema de destilación de la planta piloto para obtener bioetanol. La metodología fue aplicada, cuasi-experimental explicativa, teniendo como resultado que el sistema de simulación genera la secuencia de la deshidratación de etanol, con una concentración alta (99.99% mol), las corrientes de recirculación, comprende en mayor proporción al n-pentano 789.94 lbmol/hr (86%), etanol 113.1516 lbmol/hr (12.36%) y agua 12.082 lbmol/hr (1.32%), concluyendo que el producto obtenido es de alta pureza, superior al punto azeotrópico, concluyendo que puede ser utilizado en motores de combustión interna.

Valencia (2015), en su proyecto denominado “Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (*Zea Mays*) y Quinoa (*Chenopodium Quinoa*)”, respondiendo a la problemática de la disminución de consumo de bebidas fermentadas por falta de conocimiento tecnológico, por ello, el objetivo es evaluar las bebidas fermentadas y pasteurizadas. Teniendo como resultado que el maíz morado requiere 24 horas de remojo y germinación de 4 días a 20°C y secado hasta 12 % de humedad, para alcanzar 90% de germinación con características de 5 obrix, pH 3.09, acidez titulable de 0.18% y contenido de alcohol de 2.4%. Además, ambas bebidas se encuentran libres de aerobios mesofilos y mohos con mínimo contenido de levaduras. Concluyendo así, según la evaluación sensorial, el atributo del color de la bebida de maíz morado obtuvo alta aceptabilidad, en cuanto a los análisis proximales, ambas bebidas fueron aceptables para consumo humano.

Macka, Del águila, Silva (2015) en su estudio titulado “Optimización de la producción de alcohol mediante la simulación de parámetros en la columna de destilación bach de la planta piloto de alcohol de la FIQ-UNAP”, respondiendo a la problemática de la utilización ineficiente de la destilación por lotes, por ello, se tuvo como objetivo diseñar la operación, modelar y simular la columna de destilación por lotes de la planta piloto de alcohol de la FIQ-UNAP. Utilizando la

metodología descriptiva, cuasi-experimental, determinando los parámetros termodinámicos, especificaciones para el diagrama de flujo y datos de corrientes de alimentación y corte, teniendo como resultado la viabilización de la operatividad de la columna de destilación por lotes, el diseño de la operación, el modelado aplicando la ecuación de Rayleigh, y el rendimiento es de 99.47% aplicando el simulador de software Chemcad 6.1.3, concluyendo que existe una optimización rentable en cuanto a la destilación y a la obtención del producto deseado.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

La destilación del alcohol fue una actividad que casi nadie conocía al final del siglo XVI. Los griegos y romanos solo tenían conocimientos del vino, lo cual algunos de ellos eran perfumados con hierbas aromáticas, a la vez elaboraban distintos tipos de bebidas con elevada cantidad de azúcar y néctar de frutas, por esa razón la técnica de destilación surge antes del año 800 a.C., en el preciso momento en que se oficializó el principio del proceso de fermentación y destilación que hasta hoy conocemos. El proceso de destilación fue cambiando y mejorando según el pasar del tiempo, pero lo que realmente favoreció el gran cambio y la similitud de características de las bebidas a medida que se cambiaba el año de producción y la materia prima fue la era industrial.

De esta manera el proceso de fermentación procede de la acción de enzimas, las cuales ocasionan cambios en la estructura interna de las sustancias orgánicas, sin embargo para la elaboración de las cervezas su proceso de fermentado dependerá mucho del sitio en la cual se produzca, variando en el caso de cervezas fabricadas en Alemania, Inglaterra, Estados Unidos, Brasil, etc, (Cote, 2010), por ello se sabe que la bebida más antigua es el vino, puesto que sus orígenes se remontan a la era primitiva, un ejemplo de ello es Asia Menor, en donde habían pueblos indogermánicos que tenían conocimiento de la vida silvestre, y se les considera como los capos de la cultura del vino.

Los antiguos pobladores sabían sobre el proceso de la destilación, la cual la aplicaban para el proceso de obtención de aguas olorosas las cuales las utilizaban como perfumes naturales, pero para el caso de las bebidas alcohólicas

se les atribuye a los árabes, por el año 900, pero se dice que también en Europa empleaban el aguardiente como bebida para el frío (Valdaviezo y Morales, 2016). El whisky es una bebida alcohólica destilada la cual se elabora con granos malteados y sin maltear entre los que se encuentran, el arroz, el trigo, el maíz, que al degradar el almidón mediante la combinación de enzimas para posteriormente hidrolizarse y transformarse en azúcares simples o básicos condiciones, dichos azúcares son utilizados por la levadura *Saccharomimycetes cerevisiae* para producir alcohol.

El mosto fermentado es destilado en alambiques de cobre y madura en barricas de roble (Rodríguez, 2018), luego del descubrimiento de los procesos para destilar el vino, se empezó a elaborar diversas variedades de bebidas, pero que tienen ciertas diferencias ya sea por la materia prima, como son los casos de: el vino, pisco, ron, tequila, mezclas hechas a base de maceración de frutos y granos que han tenido previa fermentación alcohólica (Guerrero y Yépez, 2018), en un sentido amplio, el aguardiente se refiere a toda bebida alcohólica de alta graduación obtenida mediante la destilación. (Cussianovich, 2016).

La producción de aguardientes es una actividad que procede de las civilizaciones antiguas, quienes desarrollaron distintos procesos adaptándolos a su entorno y condiciones, sin embargo, hoy en día dichos procesos han mejorado velozmente gracias a la tecnología de la industria de licores (Muñoz et al., 2019). Como materias primas para elaborar aguardiente los elementos almibarados como sacarosa de caña, azúcar de remolacha, etc., y otras sustancias conformadas con almidón e inulina tales como las alcachofas, el maguey y las papas (Albán y Carrasco, 2017).

Además, para la producción del alcohol mediante productos amiláceas, primeramente, se transforma el almidón en glucosa y en azúcar invertida, éste se realiza usando enzimas o agregando otros químicos. (Cussianovich, 2016). De esta manera, las materias primas como el maíz, malta, cebada, avena, trigo, arroz, sorgo y otros, primeramente, deben pasar por un tratamiento previo para obtener azúcares de calidad. Y en el caso de los granos deben tener un proceso previo de hidrólisis de almidón, con el objetivo de transformarse en azúcares fermentables (Isla, 2013).

#### **1.4. Estado del arte sobre la obtención de whisky artesanal de maíz**

Para determinar la metodología se procedió a realizar una revisión de literatura entre las cuales figuran los métodos denominados “Black Wiskey” a partir de Maíz morado, Alcohol etílico a partir del corazón de la mazorca del choclo, la producción de Whisky de Malta, según y el método para el malteado y fermentación de maíz para la obtención de whisky artesanal, determinando un cuadro comparativo de sus etapas.

**Tabla 1**  
**Metodologías en la obtención de whisky artesanal**

Etapas	“Black Wiskey” (Milón, 2019)	Alcohol etílico a partir del corazón de la mazorca del choclo (Chipre, 2021)	Producción de Whisky de Malta (Aguero, 2018).	Malteado y fermentación de maíz para la obtención de whisky artesanal (Rodriguez, 2018).	Whisky a partir de maíz (Silva., 2014)
Selección de Materia prima	Maíz morado humedad menor al 13%	Desechos de choclo (coronta).	Grano de Malta con humedad comprendida entre 11% y 13%	Levaduras <i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i> , que fermentan maíz.	70% de maíz, 10% de trigo y 20% de malta. Sin malos olores o bajo nivel de calidad.
Molienda	Trigo y cebada molidos un día antes del siguiente proceso.	Licuar la materia prima,	Granos de malta harina “grist”, con restos sólidos de cáscara de granos.	Los granos son limpiados de materia extraña e impurezas, para molienda, Empleando tanques especiales se realiza la propagación de la levadura madre hasta alcanzar un volumen que servirá como inóculo al fermentador principal.	Los granos son limpiados de materia extraña e impurezas, para molienda, Agregado de granos molidos mezclando con agua filtrada a través de piedra caliza, regular el pH a 5.2. calentar el agua hasta 100°C y luego agregar el trigo y el maíz manteniendo la temperatura a 90°C durante 20 minutos
Macerado o cocción	Agua de alta pureza. Con calentamiento lento. midiendo la gravidad con densímetro	Almacena el producto en un recipiente de vidrio tapado herméticamente.	Agua desmineralizada 64°C al grist. Mezcla en “Mash Tun”. Esto hace que el almidón se vuelva soluble.		enfriar para que la temperatura no pase los 64°C durante aproximadamente 60 minutos
Enfriado	No menciona	No menciona	temperatura es reducida a 20°C,	No menciona	
Fermenta- ción	De 4 a 5 días la Levadura transforma el mosto en alcohol,	4 semanas de fermentación,	Dura aproximadamente de 2 a 3 días Mosto Fermentado o “Wash”	No menciona	Durante las 72 horas, agitar o remover los contenidos de los fermentadores por 1 O minutos cada 4 horas o menos.

	cambia de morado a rojo intenso				
Primera Destilación	Se usa destilador de olla y obtiene destilado de 27 a 30%	Destilación simple se obtuvo alcohol del material hidrolizado, controlando la temperatura hasta llegar a uno 78°C, su punto de ebullición.	En alambique el wash es calentado a 95°C, es espumoso, la caja con graduación alcohólica del 30 %	La cerveza obtenida, con 8 a 10% de alcohol se bombea a su primera destilación en una columna de destilación de cerca de 35 pies de altura,	con 8 a 10% de alcohol se bombea a su primera destilación, donde se calienta a 96°C, Este destilado se conoce como "vino bajo" y tiene un grado alcohólico de 62.5° GL, en la segunda destilación se produce vino alto" y tiene un grado alcohólico de 67.5°GI
Segunda Destilación	Se usa destilador de olla y obtiene destilado de 60 a 63 Alc. Vol %		Los low wines son redirigidos a un segundo alambique donde son calentados a 84°C		
Llenado de Barricas, y maduración	De Roble blanco en tamaños de 53 y 25 galones por 2 años.	No menciona	añejado 4 años en barricas de roble de 300 L	En roble blanco americano virgen se almacena 2 L en oscuridad durante 3 meses a temperatura de 15-20°C con una humedad relativa de 60%.	De roble tratado, Cada barril se hace reposar en un almacén amplio y ventilado por un periodo mínimo de dos años.
Embotellado	Filtrado a 45% Alc. Vol	No menciona	Los barriles se mezclan en un tanque de acero inoxidable, se regula su grado alcohólico con agua desmineralizada.	No menciona	Filtrados y regulados el grado alcohólico a 45°GL antes de embotellar.

Dentro de las comparaciones metodológicas en la elaboración de Whisky artesanal, la metodología más factible para su elaboración es la propuesta por Silva (2014) debido a que describe todos los procesos necesarios para la producción de Whisky a partir de maíz, trigo y malta, por lo tanto este método fue considerado como prueba en el simulador con el software DWSIM.

#### **1.4.1. Descripción detallada del proceso**

##### **1. Mezcla de granos**

Mezclas 70% de maíz, 10% de trigo y 20% de malta. Los granos no deben tener malos olores o debajo del nivel de calidad.

##### **2. Molienda**

Los granos deben ser limpiados de materia extraña e impurezas, para luego ingresar a la molienda, lo cual ayuda al cocimiento más rápido.

##### **3. Preparación del mosto**

En un tanque de cocción con todos los granos de tierra se mezclan con agua filtrada que ha pasado por una piedra de arcilla para eliminar el hierro y aumentar el contenido de calcio del agua. Con la finalidad de acidificar el cocimiento se agrega 25% del volumen de un reciclo proveniente del último destilador formando así una masa ácida. Una vez obtenida la mezcla, se debe regular el pH a 5.2, para lo cual primero se debe cocinar los granos de trigo y maíz con la finalidad de ablandar el almidón que posteriormente pasará por el proceso de hidrolizado con las enzimas de malta de cebada. En base a ello es preciso mencionar que el procedimiento adecuado es calentar primero el agua hasta alcanzar una temperatura de 100 °C, luego se debe agregar el trigo y maíz dentro de una temperatura de 90°C durante un tiempo aproximado de 20 minutos con la finalidad que los almidones se gelatinicen. En seguida se debe adicionar agua, que debe ser de 30 a 40 galones por bushel de destilería de grano (56 lbs), que incluye también el reciclado de residuos que se quedan al fondo del último destilador. Finalmente se añade la malta y se debe mantener a una temperatura que no sobrepase los 64°C por un tiempo aproximado de 60 minutos.

#### **4. Preparación de la levadura madre**

Para la preparación de la levadura madre, la mayoría de productores de whisky suelen usar *Saccharomyces cerevisiae*. Estas son seleccionadas hasta que se obtenga un cultivo puro que se propaga en tanque de levadura madre lo cual debe ser renovado semanalmente, en dicho proceso se debe tener mucho cuidado en asegurar que las levaduras no generen el crecimiento de esteres aldehídos o variación de aceite fusel en el destilado. Cabe mencionar que los granos que se utilizan mayormente para este proceso son los más pequeños, estos granos son cocinados por separados a una temperatura de 63°C y un ph de 3.8 con bacterias ácido láctico que crecen en la masa preparada. Par detener la producción de ácido láctico se debe aumentar la temperatura a 100°C por un tiempo aproximado de 30 min con la finalidad de eliminar las bacterias. El mosto estéril se utiliza para el desarrollo de la levadura en laboratorio.

#### **5. Fermentación**

La fermentación se realiza en 2 etapas, la primera etapa consiste en enfriar el mosto y añadir la levadura al fermentador principal, en dicho proceso la levadura suele alimentarse de los azúcares del mosto, creando dos subproductos: el alcohol y el dióxido de carbono. Una vez obtenido el mosto fermentado se procede a bombear aun segundo tanque donde se termina de fermentar y es ahí donde se obtiene el sabor, olor. La fermentación debe realizarse durante 72 horas y durante dicho tiempo se debe ir removiendo constantemente en un lapso de 4 horas aproximadamente.

#### **6. Destilación**

El producto obtenido con 8 a 10% de alcohol es bombeado a su primera destilación a una altura aproximada de 35 pies, ahí se calienta a una temperatura de 96°C, con la finalidad de retirar el alcohol en forma de vapor, el proceso de destilación es conocido como el “vino blanco” el cual contiene un grado de alcohol de 62.5° GL. Cabe mencionar que este destilador cuenta con calentamiento y un agitador en la zona de agotamiento, por lo que se puede destilar todos los sólidos con la finalidad de obtener el sabor ligeramente de ácido que hace único a los wiskie.

Como segunda destilación, el vino es enviado a una segunda columna de destilación, en el cual se obtiene un destilado conocido como “vino alto” el cual contiene un grado de alcohol de 67.5° GL. De dicho proceso se divide en dos flujos, uno se va a tratamiento mientras que el otro retorna al tanque de cocción.

## **7. Llenado en barriles y maduración**

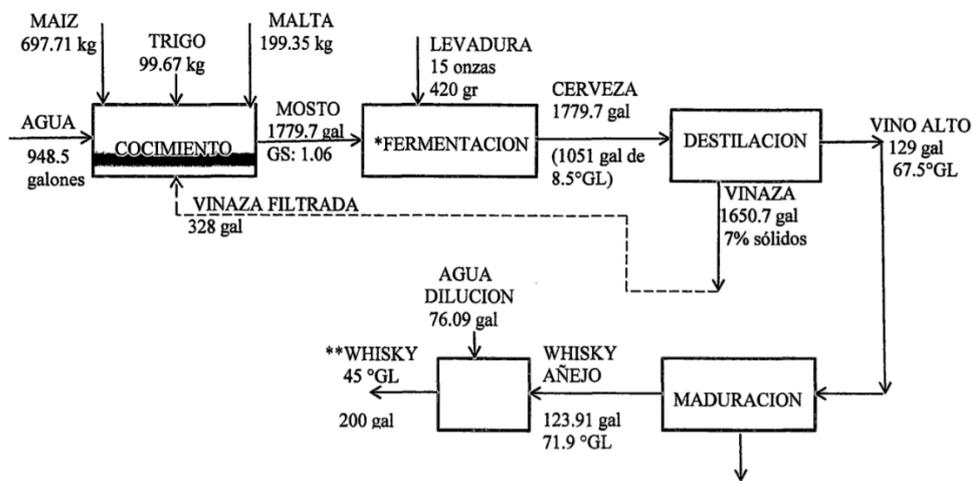
El llenado de barriles se realiza de manera manual, y los barriles empleados son de roble previamente tratados. Durante esta etapa se procede a anotar la fecha y el lote para disponer de una adecuada trazabilidad del producto. Una vez que se tiene los barriles llenos, estos son enviados a los estantes de almacenamiento, donde se lleva a cabo el proceso de maduración por un periodo mínimo de dos años, dicho proceso se efectúa en un almacén con amplia capacidad y sobre todo debe estar ventilado.

## **8. Embotellados**

Terminado el proceso de destilación, el producto tiene un grado alcohólico de 67.5°GL, y para el embotellado son regulados utilizando agua desmineralizada, con la finalidad de evitar cualquier cambio de sabor se recomienda usar agua de osmosis inversa lo cual sirve también para prevenir la precipitación de minerales. Cabe mencionar que la dilución se debe hacer en dos pasos, primero se filtra en una tela gruesa con la finalidad de separar residuos de carbón o madera de los toneles y finalmente se procede a diluir el grado de alcohol final.

**Figura 2**

*Diagrama de flujo de referencia para obtención de whisky artesanal a partir de Maíz*



Nota.. Silva, (2014)

#### 1.4.2. Simulación de obtención de whisky en DWSIM

La simulación se indica como una constante estrategia de lógica que se utiliza para analizar y planificar marcos complicados y enérgicos de un entorno real, donde se pueden probar dos modelos continuos y dinámicos, en el primero corre una alteración de valores basada particularmente en cambios de tiempo, por lo tanto, es prácticamente equivalente a un almacén donde el fluido que pasa por una tubería es consistente con un volumen en el que puede aumentar o disminuir, pero la corriente es persistente. Mientras que el modelo dinámico el estado de los cambios sólo se da cuando esos eventos ocurren, así de manera general, en un marco de tiempo discretos se produce cambios en sus valores en ciertos momentos, mientras que los valores de marcos de tiempo persistentes avanzan continuamente (Fritzson, 2015).

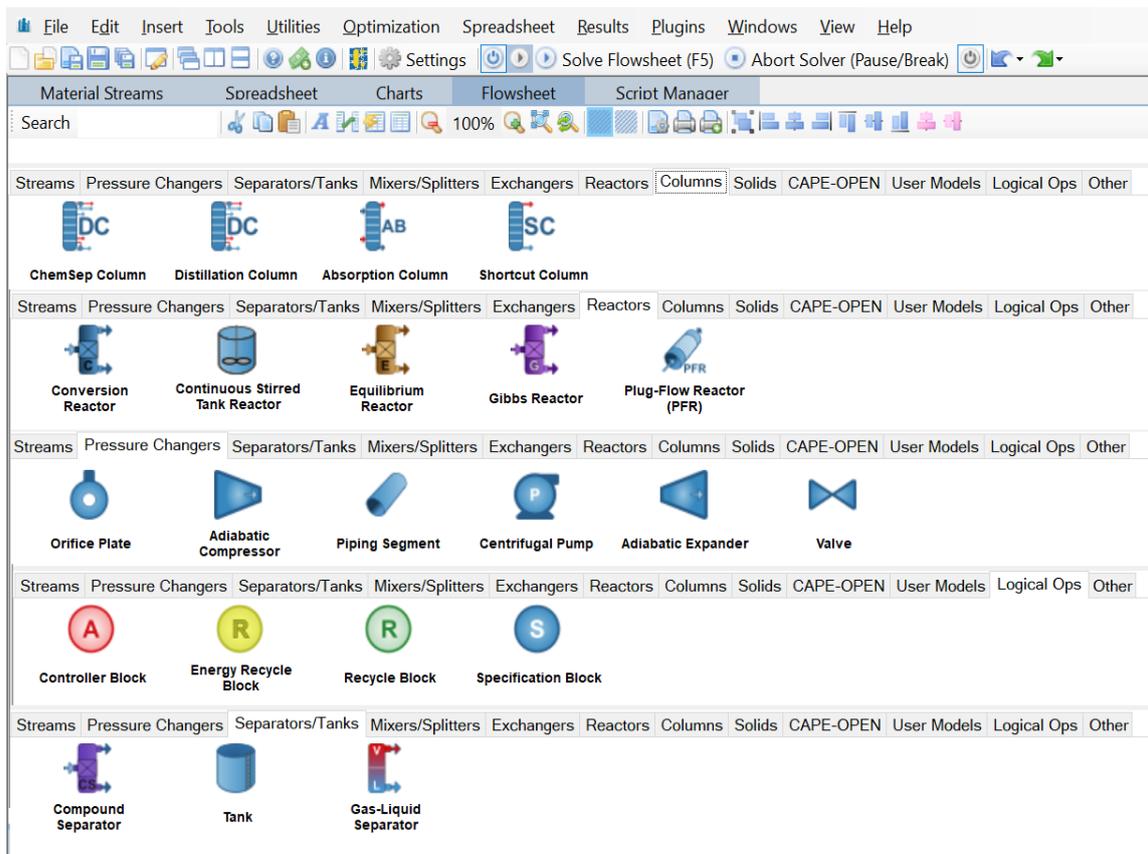
En términos generales, los objetivos de un software de simulación para procesos técnicos son: resolver ecuaciones relativas a la materia prima y los recursos energéticos para todas las operaciones involucradas en el proceso, calcular las características de flujo en cada punto del proceso, suministrar los datos necesarios para realizar cálculos completos para todos sistemas, estimar

costos y, si es posible, optimizar las condiciones de operación del proceso. La simulación comprende tres etapas principales: la elección de los compuestos, la elección del modelo termodinámico y la implementación operativa del módulo de destilación (Ricardo et al., 2018). Asimismo, el cálculo del balance de materiales y energía de las plantas de proceso ayuda a auditar la utilización de los recursos, esto a su vez resulta no sólo en el ahorro de costes y energía, sino que también ayuda a reducir la carga sobre el medio ambiente (Nayak et al., 2019).

Por consiguiente, DWSIM versión 6.6 es el Software ideal para la simulación de la producción whisky artesanal de Maíz, pues permite simular procesos de equilibrio electrolítico en estado estacionario, vapor-líquido, vapor-líquido, sólido-líquido y acuoso y tiene modelos termodinámicos incorporados y operaciones de unidades (Shorey, 2018).

**Figura 3**

*Diferentes operaciones unitarias disponibles en DWSIM.*



*Nota.* (Creative Commons Attribution-ShareAlike, 2021).

### 1.4.2.1. Diagrama de Objetos de Columna de Destilación

La clase *SimulationObjects\_UnitOpBaseClass* es la que contiene las características comunes a los componentes de modelado de proceso de operaciones unitarias concretas utilizadas, es una clase de la que no se puede crear objetos. Dentro de categoría, se encuentra la clase *Column*, la cual hereda los atributos y métodos de la clase madre antes mencionada y a su vez se deriva la subclase *DistillationColumn* que contiene atributos y métodos adicionales para la instanciación e inicialización de una la columna de destilación (Díaz & Pernaletе, 2013; Orozco, 2019).

**Tabla 2**

*Objetos de columna de destilación*

Nombre de la clase	Función
<i>Stage</i>	Modelar la etapa de equilibrio de la que está compuesta la columna de destilación. Gestiona la información referente a los distintos parámetros involucrados en las ecuaciones de Balance de materia y Energía
<i>InitialEstimates</i>	Gestiona los valores iniciales para de flujos de vapor, flujos de líquido, perfil de temperatura y perfil de presión de la columna de destilación.
<i>ColumnSpec</i>	Maneja la información relacionada con los valores establecidos por el usuario para las especificaciones de la columna de destilación, así como el conjunto de ecuaciones y funciones de discrepancias.
<i>Parameter</i>	Clase auxiliar que emplea métodos para devolver valores máximos y mínimos de un conjunto de datos
<i>Tomich</i>	Clase auxiliar donde se implementa el método de resolución matriz tridiagonal

---

<i>StreamInformation</i>	Gestiona la información de las distintas corrientes de materia y energía que se encuentren acopladas con la columna de destilación.
<i>WankHenkeMethod</i>	Clase en donde se implementa el método riguroso de punto de burbuja
<i>BurninghamOttoMethod</i>	Clase en donde se implementa el método riguroso de suma de caudales
<i>NaphtaliSandholmMethod</i>	Clase en donde se implementa el método riguroso de corrección simultánea
<i>RussellMethod</i>	Clase en donde se implementa el método riguroso Inside-Out

---

*Nota.* (Díaz & Pernalete, 2013; Orozco, 2019).

#### **1.4 Formulación del problema**

¿Como es la simulación del proceso de obtención de whisky artesanal de maíz (*zea mays*) utilizando el software DWSIM en Huarmaca, 2021?

#### **1.5. Justificación e importancia del estudio**

La simulación es una herramienta indispensable en diversos ámbitos de la industria para percibir las capacidades y funcionamiento de un terminado sistema con el fin de estimar la producción de algún producto en cuanto balance de materia y energía y el importe de los dispositivos presentes en el desarrollo sin su requerimiento experimental, de esta manera simular el proceso de obtención de whisky permitirá evaluar preliminarmente su elaboración en el distrito de Huarmaca. De esta manera, la justificación teórica de la simulación esta refería a que este sistema aporta información del whisky artesanal de maíz como una alternativa de un producto novedoso.

Mientras que desde el punto de vista práctico la presente investigación sirve como como sustento para posibles aplicaciones del whisky artesanal mediante la simulación para disminuir los costos asociados con la experimentación en el sistema real, lo cual en el rubo de la ingeniería

agroindustrial y comercio exterior es importante para facilitar la comprensión de la operación de la producción y reducir el riesgo de error. Además, los beneficiados con los resultados del estudio son las familias que pudieran involucrarse en la fabricación y como usuarios de este producto, ayudando al mejoramiento socio económico.

Esto debido a que se ha observado una tendencia al alza en las preferencias de los consumidores por el whisky con sabores innovadores a partir de ingredientes funcionales y naturales (Pava y Rosales, 2018), los cuales se enmarcan dentro de un mercado de alcohol premium con enormes ventas, especialmente vino y whisky premium (Mordor Intelligence, 2021). Asimismo, se beneficiarán indirectamente los demás habitantes de la localidad, pues el beneficio ambiental que se obtiene es la disminución de la contaminación por residuos de producción se traduce en calidad de vida saludable.

## **1.6. Hipótesis**

La simulación del proceso de obtención de whisky artesanal de maíz (*zea mays*) utilizando el software DWSIM permite reducir el riesgo de error experimental en Huarmaca.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Simular el proceso de obtención de whisky artesanal de Maíz (*Zea Mays*) utilizando el software DWSIM, Huarmaca, 2021

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Determinar los datos de entrada a la simulación del proceso de obtención de whisky artesanal a partir de Maíz
- Evaluar la influencia entre las variables de entrada y salida para cada proceso
- Estimar el costo de producción de whisky artesanal a partir de Maíz

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Tipo y diseño de la investigación**

Este proyecto de investigación es de tipo aplicada debido a que se emplea los conocimientos de las investigaciones básicas para representar la solución a un problema (Arias , 2020), de tal manera la simulación está enfocada a representar con suficiente exactitud las propiedades cuantitativas y cualitativas de obtención de whisky estableciendo relaciones entre las variables de proceso para facilitar tanto la comprensión del sistema como la optimización de recursos, lo cual será de sustento para la aplicabilidad práctica de la producción experimental en el distrito de Huarmaca.

Por otro lado, cuenta con un diseño no experimental ya que no habrá adulteración en las variables, mientras que el enfoque es cuantitativo debido a que las variables son medidas en términos numéricos (Vera, Castaño y Torres, 2018), además con respecto al alcance es descriptivo a causa de que se describirá el proceso de obtención de whisky artesanal a partir del maíz usando la simulación como herramienta.

### **2.2. Población y muestra**

La población y muestra se determinó en base a la evaluación del estado de arte, donde se realizó una revisión de literatura para determinar la metodología más factible que describe todos los procesos necesarios para la producción de whisky a partir de maíz, la cual servirá como guía para la simulación en el software DWSIM. Por lo tanto, la unidad de estudio universal se encuentra enmarcada dentro del distrito de Huarmaca, como la producción local de las materias primas necesarias para la obtención del producto alcohólico. Esta población fue establecida en el informe de “Evaluación del avance de siembras ” según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021), tal como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3***Producción Agropecuaria de maíz para el año 2021.*

Tipo	Unidad de medida	Año	
		2019	2020
Trigo	Miles de TM	61,6	63,9
Maíz	Miles de TM	75,7	71,9
Malta	Miles de TM	31,0	34,3

*Nota.* (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020).

Por otro lado, la unidad de estudio particular, es decir, la muestra se asumió como la cantidad de material de producción necesario para la línea de producción según la investigación de los estudios de Silva (2014), donde se llevó a cabo un estudio de producción de whisky con maíz en 70%, trigo en 10% y malta en 20% cuya cantidad en kilogramos se detalla a continuación en la tabla siguiente.

**Tabla 4**

Materia requerida en la simulación de producción de Whisky.

Materia prima	Unidad de medida	Pruebas en producción
Trigo	Kg	148.45
Maíz	Kg	1039.13
Malta	Kg	296.89
Levadura	Kg	4.18

*Nota.* Elaboración propia.

### 2.3. Variables y operacionalización

#### 2.3.1. Variable independiente:

La simulación del proceso es un solo sistema donde se consideran las variables que se tomarán en cuenta para establecer el control del proceso, las cuales que pueden tener un valor asignado o posibles valores inducidos con condiciones diferenciales para decidir las conexiones de las tasas de alteración de los factores del cambio de estado en la variables durante determinado periodo, en el caso de la producción whisky artesanal de maíz se identificaron

las variables que intervienen en el sistema, las cuales se distinguen a partir de la siguiente clasificación según (Vargas-Santillán et al., 2019):

- **Variables exógenas:** se refiere a los factores de carácter independiente del modelo de simulación como las variables de ingreso que a su vez se dividen en dos grupos:
  - o **Variables controlables:** Aquellos sobre los que el examinador puede elegir su estima, dentro de ciertos límites, para ello en el programa DWSIM se tiene que ingresar los parámetros de ingreso de la materia prima maíz y sus complementos de malta y trigo.
  - o **Variables incontrolables:** Sus valores se fijan para realizar una reconstrucción adecuada de la composición de las materias primas, sin embargo, el programa DWSIM presenta la limitación de datos con respecto a las estructuras moleculares, por lo que se consideraron los componentes más similares a las fracciones molares del maíz, trigo, malta y levadura.
- **Variables endógenas:** se refiere a los factores de carácter dependiente de la simulación como las variables de salida del modelo, donde se incluye el rendimiento y la cantidad de combustible que se obtendrán luego de la simulación del proceso de producción de whisky.

### 2.3.2. Variable independiente:

La obtención de whisky artesanal de maíz se lleva a cabo mediante seis pasos que incluyen la selección de materia prima, molienda, macerado o cocción, enfriado, fermentación, destilación y maduración. De esta manera el maíz, malta y trigo como insumos principales son limpiados para luego ser molidos hasta tener consistencia de harina, después se mezcla con agua y se calienta para luego dejar enfriar. Una vez que el puré se ha enfriado, se transfiere a recipientes para comenzar el proceso de fermentación, donde se agrega levadura y convierte los azúcares presentes en alcohol. Finalmente se destila dos veces para producir "vino alto" o whisky nuevo que tiene un 70% de alcohol, el cual luego se añeja en condiciones frescas y húmedas (Bringhurst y Brosnan, 2016).

**Tabla 5**  
*Operacionalización de variables*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala	Instrumento
<b>Variable independiente:</b> Simulación del proceso	La simulación es el estudio del comportamiento de sistemas reales a través del ejercicio de modelos mediante herramientas computacionales que permiten predecir la cantidad y composición del producto (Amar, Ardila y Barrera 2019).	La simulación del proceso de obtención de whisky de maíz se realizará en el software DWSIM para mediante modelos termodinámicos y cinéticos.	Parámetros de la materia prima	Peso molecular	Razón	Software DWSIM
				Densidad de la materia	Razón	
				Densidad del agua	Razón	
				Gravedad específica	Razón	
				Punto de ebullición	Razón	
			Componentes de la materia prima	Azúcar	Razón	
				Proteína	Razón	
				Agua	Razón	
			Modelo termodinámico de la simulación	Temperatura	Razón	
				Presión	Razón	
				Flujo másico	Razón	
				Flujo molar	Razón	
				Flujo volumétrico	Razón	
<b>Variable dependiente:</b> Obtención de whisky artesanal de maíz	El Whiskey es una categoría amplia de licor con destilados más rentables, ampliamente distribuido y consumido en el mundo, por lo que el maíz como materia prima lo sitúa con un producto potencialmente novedoso (Walker, 2017).	Para determinar la metodología se procedió a realizar una revisión de literatura con la finalidad de comprar las metodológicas en la elaboración de Whisky artesanal para ser considerado como prueba en el simulador con el software DWSIM.	Etapas de producción	Selección de materia prima	Nominal	
				Molienda	Nominal	
				Macerado o cocción	Nominal	
				Enfriado	Nominal	
				Fermentación	Nominal	
				Destilación	Nominal	

*Nota.:* Elaboración propia.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

La presente investigación emplea técnicas como el análisis documental mediante un proceso de revisión de trabajos sobre el tema de investigación para obtener información de la realidad documentada con respecto a las características que se necesitan ingresar en el programa de simulación con respecto a las variables controlables de ingreso como el peso molecular, densidad de la materia prima, densidad del agua, gravedad específica y punto de ebullición, además, se utilizó la observación directa durante el empleo del instrumento de Software DWSIM.

En este programa se ingresó los datos de las variables incontrolables en relación con los componentes, su densidad y proporción molar de las materias primas de maíz, trigo, malta y levadura para simular el proceso de obtención de whisky artesanal. Por otro lado, en base a los criterios de las variables de investigación se incorporaron en el esquema del proceso de simulación, considerando los tres factores importantes de simulación como los equipos que se van a utilizar, el modelo termodinámico y cinético, y los parámetros de diseño de los equipos con la finalidad de comprender el desarrollo del proceso.

De esta manera, se obtuvieron datos gráficamente sobre el balance de materia para facilitar la valorización del producto de whisky que, dadas las condiciones de mercado local, podría presentarse como una propuesta novedosa y viable para su desarrollo en Huarmaca. Para ello, el instrumento que se empleó fue una ficha de datos que sirvió para recolectar información específica y ordenar la gama de información y posteriormente realizar un análisis interpretativo (Ñaupas et al., 2018), el cual presentó validez y confiabilidad que garantizó una interpretación satisfactoria de los resultados para ser utilizados en la comprensión de los fines propuestos en la investigación (Abarzúa, 2019).

## **2.5. Procedimientos de análisis de datos**

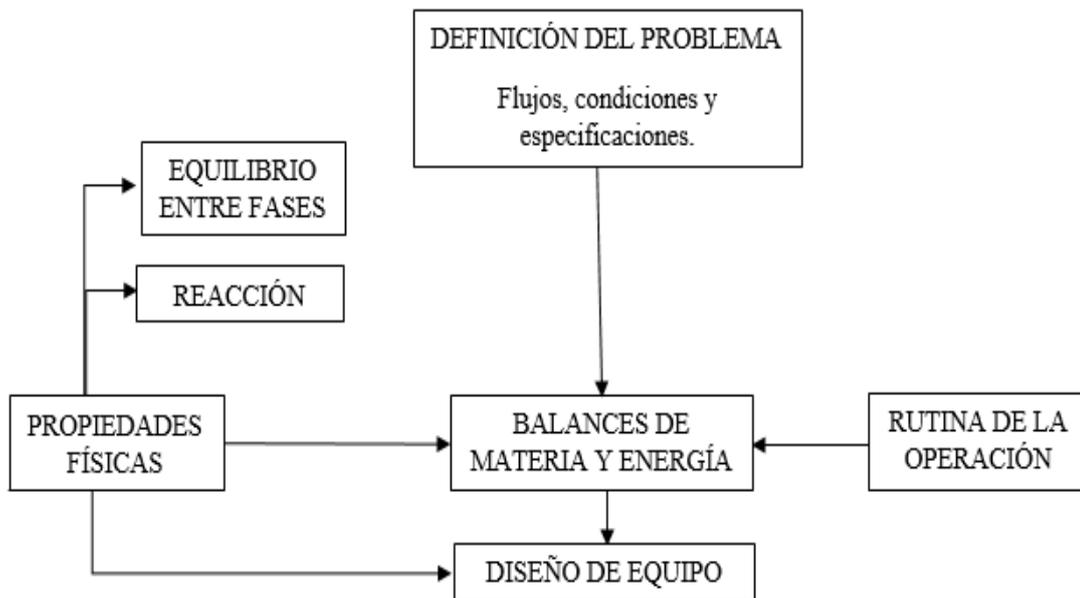
Las condiciones de trabajo de los equipos se desarrollan empleando el sistema de DWSIM, donde la elección del paquete de propiedades termodinámicas tiene un profundo efecto en el diseño por lo que los

procedimientos para llevar a cabo una recreación requieren la realización de ciertas etapas que son detalladas según Cruz-Llerena (2019):

1. Configurar la simulación (unidades, opciones de informe, etc.).
2. Seleccionar o crear los componentes involucrados.
3. Elegir el método de cálculo de las propiedades físicas por componentes.
4. Elaborar el diagrama de flujo: módulos y corrientes (generalmente se hace en la hoja de trabajo).
5. Especificar los datos de las corrientes.
6. Especificar los datos de los módulos empleados considerando componentes representativos y la estimación de las propiedades.

**Figura 4**

*Estructura del proceso de simulación.*



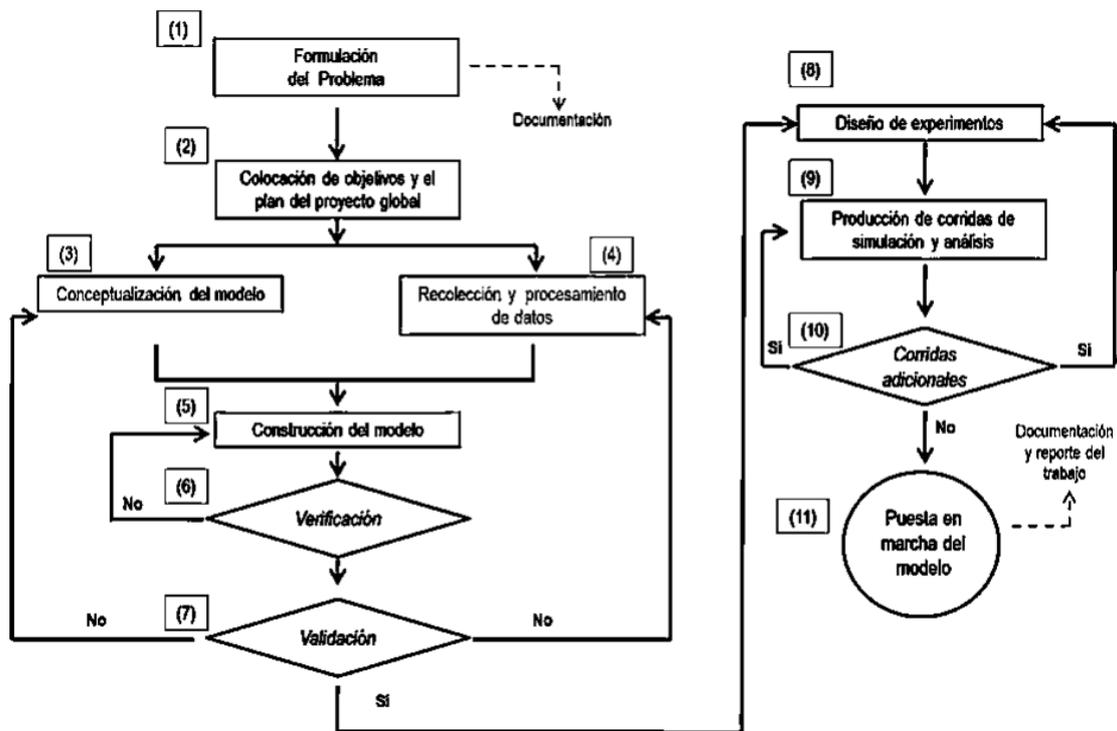
*Nota.:* Elaboración propia.

En diversos artículos se mencionan que la simulación del proceso más adecuado para la simulación de obtención de etanol a partir de alimentos lignocelulósicos es *Non Random Two Liquids* (NRTL) es a través del modelo termodinámico, debido a la presencia de componentes polares y posibles mezclas azeotrópicas, así como la presencia de dos fases líquidas en algunas etapas del proceso (Montiel, 2017). Por estas razones, se decidió utilizar NRTL

como modelo termodinámico para la simulación de Whisky, evitando imperfecciones en la estrategia, pues cuando las condiciones no son adecuadas, los resultados no tendrán la confiabilidad necesaria, a diferencia de cuando los estudios fueron bien realizados. Por lo tanto, es necesario realizar la verificación y validación del modelo mediante análisis de los resultados para luego implantar alternativas de solución en la realidad, o del conocimiento generado.

**Figura 5**

*Guía para alcanzar conocimientos válidos en un proyecto de simulación*



*Nota:* Marmolejo, Granillo y Santana, 2014.

De esta manera, el enfoque de análisis de datos se basará en tres momentos de descubrimientos, codificación y relativización, que así en primera instancia se desarrollará una búsqueda y selección de información bibliográfica de acuerdo al procedimiento indicado, para su posterior descripción, análisis detallado y discusión análisis crítica, lo cual implicará la identificación de las características básicas de la información respecto al problema de investigación según operacionalización de variables, así como los criterios establecidos en la presente investigación para descubrir cuales son las condiciones operacionales optimas del proceso de obtención de whisky a partir de maíz, y estimar las

conclusiones a las que válidamente se pueden aplicar en estudios experimentales considerando las falencias y características de la información.

Por otro lado las propiedades fisicoquímicas de los compuestos y las condiciones de operación de equipos se desarrollaron utilizando el simulador DWSIM que consta con licencia libre, código abierto y descarga gratuita, es decir, cualquier persona interesada puede acceder al código fuente de la aplicación, adaptarlo a sus necesidades, o corregir errores (Jiménez, 2018). Así en este software se modelará las condiciones de operación utilizadas a escala piloto, para ello se requiere la selección de los componentes y el modelo termodinámico adecuado, la especificación de las reacciones y finalmente la determinación de la capacidad de la planta y las condiciones de operación de los equipos involucrados para analizar e interpretar los resultados pues cuando hay imperfecciones en la estrategia, los resultados no tendrán la confiabilidad necesaria, a diferencia de cuando los estudios fueron bien realizados (Ruiz et al., 2016).

## **2.6. Criterios éticos**

### **2.6.1. Valor social o científico**

Para mantener la ética en una investigación, ésta debe tener mucho valor, es decir ser crítica con respecto a la importancia y beneficio social o científico que busca. La investigación plantea temas que conllevan a mejorar las situaciones de vida y el bienestar poblacional, o en otros casos que enriquezca de conocimiento permitiendo aperturas oportunidades de superación y proveer soluciones a corto o largo plazo para problemas que se suscitan en la vida real.

### **2.6.2. Respeto a la propiedad intelectual**

En esta investigación se ha considerado todos los aspectos éticos relacionados a la información adquirida, la cual fue obtenida a través de fuentes formales, asimismo se indica que no se alteró ninguna información en este estudio, respetando de esa manera el derecho de autor con información clara, puntual y referenciada escrita en estilo APA.

## **2.7. Criterios de rigor científico**

La evaluación de la calidad de los estudios seleccionados se relacionó con el proceso de rigor científico. En relación, (Peersman, 2014) considera que los aspectos de calidad de los datos son validez, fiabilidad, integridad, precisión, integridad y puntualidad. Por lo tanto, en el presente estudio la validez se constató en los instrumentos de recolección de datos mediante la correlación de la variable independiente, la fiabilidad y la exhaustividad se valoró en el cumplimiento de los criterios de selección para la extracción sistemática de datos de la revisión bibliográfica. La precisión e integridad se precisaron en las auditorías por un revisor independiente sobre la muestra de los estudios escogidos. La puntualidad se estimó en la interpretación y representación de resultados que detallen proximidad temporal a la actualidad.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados en Tablas y Figuras

##### 3.1.1. Determinación de los datos de entrada a la simulación del proceso de obtención de whisky artesanal a partir de Maíz

En la simulación, el maíz se considerada biomasa bruta debido a varias ventajas, tanto fisiológicas como económicas, como su alto rendimiento de 31,0 - 34,3 miles de TM/año, la amplia época de siembra en los meses de setiembre a febrero y sus cosechas en junio a diciembre, así como la baja demanda de fertilizantes y herbicidas. Asimismo, se asumió malta porque todos los whiskies necesitan una pequeña cantidad de cebada malteada para comenzar el proceso de fermentación y trigo debido a que añade un sabor singular a la bebida alcohólica. Por lo tanto, la tabla 6 se presenta de acuerdo con los datos de ingreso en la simulación, los cuales se obtuvieron de una rigurosa revisión de bibliografía para encontrar valores necesarios que condicionan una simulación exitosa.

**Tabla 6**

*Parámetros de la materia prima en la simulación*

Parámetros	Unidad de medida	Maíz	Malta	Trigo	Levadura
Peso molecular	g/mol	180.7	124.5	166.1	129.9
Densidad de la materia	g/cm <sup>3</sup>	760	795	565	1040
Densidad del agua	g/cm <sup>3</sup>	1000	1000	1000	1000
Gravedad especifica	g/cm <sup>3</sup>	0.76	0.795	0.71	1.04
Punto de ebullición	°C	349	352.5	352	352

*Nota.* Elaboración propia.

Además, el simulador de procesos estima los componentes de la materia prima para el escenario operativo especificado, por lo que la densidad y proporción molar de los flujos de entrada y salida se identifican de acuerdo

con la base de datos de software específica que derivan de la literatura científica, sin embargo, el programa DWSIM presenta la limitación de datos con respecto a las estructuras moleculares, por lo que se consideraron los componentes más similares a las fracciones molares del maíz, trigo, malta y levadura, tal como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 7**

*Componentes de la materia prima en la simulación.*

<b>Materia prima</b>	<b>Nombre del componente</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Densidad (g/mol)</b>	<b>Proporción molar (%)</b>
Maíz	Azúcar	C12H22O11	342.00	2.19
	Almidón	C6H10O5	162.0	60.59
	Fibra	C6H10O5	162.0	8.21
	Grasa	C14H24O2	128.0	3.6
	Proteína	C2H5NO2	75.0	8.69
	Agua	H2O	18.0	15.50
	Ceniza	SIAL2FE2CAO9	378.0	1.18
Trigo	Carbohidratos	C2H4O2	60.0	70.35
	Proteínas	C2H5NO2	75.0	9.50
	Lípidos	C4H8O2	88.0	4
	Agua	H2O	18.0	13
	Ceniza	SIAL2FE2CAO9	378.0	1.90
	Grasa	C14H24O2	128.0	1.25
	Carbohidratos	C2H4O2	60.0	28.25
Malta	Proteínas	C2H5NO2	75.0	5.00
	Almidón	C6H10O5	162.0	52.5
	Agua	H2O	18.0	5
	Ceniza	SIAL2FE2CAO9	378.0	1.50
	Grasa	C14H24O2	128.0	1.25
	Azúcares	C12H22O11	342.00	6.5
	Agua	H2O	18.0	6.2
Levadura	Grasa	C14H24O2	128.0	0.1
	Proteína	C2H5NO2	75.0	1.2
	Carbohidratos	C2H4O2	60.0	46.9
	Ceniza	SIAL2FE2CAO9	378.0	43.0
	Lípido	C4H8O2	88.0	0.4
	Fibra	C6H10O5	162.0	2.2

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 6**

*Descripción de los materiales a utilizar trigo*

The screenshot shows the 'Trigo (Material Stream)' window. The 'General Info' section includes 'Object: Trigo' and 'Status: Calculated (10/09/2021 09:37:45)'. The 'Property Package Settings' section shows 'Property Package: Peng-Robinson (PR) (1)'. The 'Input Data' section includes 'Stream Conditions' and 'Compound Amounts'. The 'Compound Amounts' table is as follows:

Compound	Amount	Total: 1
Oxygen	0	<input type="button" value="Normalize"/> <input type="button" value="Equalize"/> <input type="button" value="Clear"/> <input type="button" value="Accept Changes"/>
ElementoMalta	0	
ElementoTrigo	0	
ElementoMaiz	1	
HeavyWater	0	
Water	0	
Maltose	0	
ElementoLevadura	0	

Nota. Elaboración propia

**Figura 7**

*Descripción de los materiales a utilizar malta*

The screenshot shows the 'Malta (Material Stream)' window. The 'General Info' section includes 'Object: Malta' and 'Status: Calculated (10/09/2021 09:41:46)'. The 'Property Package Settings' section shows 'Property Package: Peng-Robinson (PR) (1)'. The 'Input Data' section includes 'Stream Conditions' and 'Compound Amounts'. The 'Compound Amounts' table is as follows:

Compound	Amount	Total: 1
Oxygen	0	<input type="button" value="Normalize"/> <input type="button" value="Equalize"/> <input type="button" value="Clear"/> <input type="button" value="Accept Changes"/>
ElementoMalta	1	
ElementoTrigo	0	
ElementoMaiz	0	
HeavyWater	0	
Water	0	
Maltose	0	
ElementoLevadura	0	

Nota. Elaboración propia

**Figura 8**

*Descripción de los materiales a utilizar maíz*

The image displays two screenshots of the 'Maiz (Material Stream)' software interface. The left screenshot shows the 'Input Data' tab, and the right screenshot shows the 'Results' tab.

**Left Screenshot (Input Data):**

- General Info:** Object: Maiz; Status: Calculated (10/09/2021 09:43:19); Linked to: (empty).
- Property Package Settings:** Property Package: Peng-Robinson (PR) (1).
- Stream Conditions:** Flash Spec: Temperature and Pressure (TP); Temperature: 298.15 K; Pressure: 101325 Pa; Mass Flow: 0.7 kg/s; Molar Flow: 13.9458 kmol/h; Volumetric Flow: 0.000164616 m<sup>3</sup>/s; Specific Enthalpy: -201.514 kJ/kg; Specific Entropy: -0.580255 kJ/[kg.K]; Vapor Phase Mole Fraction: 0.
- Compound Amounts:** (Empty table).

**Right Screenshot (Results):**

- General Info:** Object: Maiz; Status: Calculated (10/09/2021 09:43:19); Linked to: (empty).
- Property Package Settings:** Property Package: Peng-Robinson (PR) (1).
- Stream Conditions:** Basis: Mole Fractions; Solvent: (empty).
- Compound Amounts Table:**

Compound	Amount
Oxygen	0
Elemento Malta	0
Elemento Trigo	0
Elemento Maiz	1
HeavyWater	0
Water	0
Maltose	0
Elemento Levadura	0

**Controls:** Total: 1; Buttons: Normalize, Equalize, Clear, Accept Changes.

*Nota.* Elaboración propia

### 3.1.2. Evaluación de la influencia entre las variables de entrada y salida para cada proceso

**Tabla 8**

*Coefficiente de correlación de Spearman de la materia prima y el proceso en la simulación*

			Maíz	Malta	Trigo	Cocimiento	Fermentación	Destilación	Maduración	Producto final
Rho de Spearman	Maíz	Coefficiente de correlación	1,000	,993**	,986**	0,056	0,154	,993**	,972**	,972**
		Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,863	0,633	0,000	0,000	0,000
		N	12	12	12	12	12	12	12	12
	Malta	Coefficiente de correlación	,993**	1,000	,993**	0,063	0,147	,979**	,979**	,958**
		Sig. (bilateral)	0,000		0,000	0,846	0,649	0,000	0,000	0,000
		N	12	12	12	12	12	12	12	12
	Trigo	Coefficiente de correlación	,986**	,993**	1,000	0,042	0,126	,972**	,972**	,951**
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,897	0,697	0,000	0,000	0,000
		N	12	12	12	12	12	12	12	12
	Cocimiento	Coefficiente de correlación	0,056	0,063	0,042	1,000	,979**	0,028	0,014	0,021
		Sig. (bilateral)	0,863	0,846	0,897		0,000	0,931	0,966	0,948
		N	12	12	12	12	12	12	12	12

Fermentación	Coeficiente de correlación	0,154	0,147	0,126	,979**	1,000	0,133	0,098	0,140
	Sig. (bilateral)	0,633	0,649	0,697	0,000		0,681	0,762	0,665
	N	12	12	12	12	12	12	12	12
Destilación	Coeficiente de correlación	,993**	,979**	,972**	0,028	0,133	1,000	,979**	,979**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,931	0,681		0,000	0,000
	N	12	12	12	12	12	12	12	12
Maduración	Coeficiente de correlación	,972**	,979**	,972**	0,014	0,098	,979**	1,000	,958**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,966	0,762	0,000		0,000
	N	12	12	12	12	12	12	12	12
Producto final	Coeficiente de correlación	,972**	,958**	,951**	0,021	0,140	,979**	,958**	1,000
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,948	0,665	0,000	0,000	
	N	12	12	12	12	12	12	12	12

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 8 se observa los coeficientes de correlación de Spearman de la materia prima y el proceso, en el cual podemos notar que no hay relación del maíz, la malta y el trigo no están relacionadas con el conocimiento y la fermentación; de igual manera el conocimiento y la fermentación no están relacionados con la destilación, maduración y producto final. Se llega a esta conclusión debido a que su significancia es mayor a 0.05.

### 3.1.3. Estimar el costo de producción de whisky artesanal

#### a. Inversión tangible

En la tabla 9 se aprecia la inversión de las 12 maquinarias de producción ascendiendo a un total de S/293,567.83 para la producción de whisky a partir de Maíz.

**Tabla 9**

*Maquinaria de producción.*

Maquinaria	Cantidad (und)	Precio (S/)	Total (S/)
Lavadora rotativa	1	S/22,927.40	S/22,927.40
Módulo de molienda	1	S/50,598.40	S/50,598.40
Mezcladora horizontal	1	S/14,643.25	S/14,643.25
Marmita	2	S/19,923.97	S/39,847.93
Enfriadora rotativa	1	S/23,322.70	S/23,322.70
Tanque de dilución	1	S/19,649.00	S/19,649.00
Tanque de fermentación	1	S/18,045.00	S/18,045.00
Destilador	1	S/22,335.70	S/22,335.70
Tina de maduración	1	S/18,871.00	S/18,871.00
Dilución	1	S/19,649.00	S/19,649.00
Envasadora y selladora	1	S/43,678.45	S/43,678.45
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>		<b>S/293,567.83</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 10 se aprecia la inversión de los 12 equipos de producción para el área de producción, almacenamiento y calidad; ascendiendo a un total de S/19,737.60 para la producción de whisky a partir de Maíz.

**Tabla 10***Equipo de producción.*

Área	Equipo de producción	Cantidad (Unidades)	Precio (S/)	Total (S/)
Producción	Balanza	3	S/435.00	S/1,305.00
	Mesa de trabajo	2	S/1,450.00	S/2,900.00
Almacenamiento	Estantería	3	S/559.60	S/1,678.80
	Lavatorios	1	S/1,220.00	S/1,220.00
Calidad	Cabinas de extracción	1	S/11,629.00	S/11,629.00
	Estantería	1	S/279.80	S/279.80
	Mesa de trabajo	1	S/725.00	S/725.00
<b>TOTAL</b>		<b>12</b>		<b>S/19,737.60</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 11 se aprecia la inversión de los 12 equipos de oficina tales como escritorios, sillas, laptops e impresoras multifuncional; ascendiendo a un total de S/10,761.00.

**Tabla 11***Equipo de oficina.*

Equipos de oficina	Cantidad (Unidades)	Precio (S/)	Total (S/)
Escritorio	3	S/224.00	S/672.00
Sillas para oficina	3	S/79.00	S/237.00
Laptops	3	S/2,500.00	S/7,500.00
Impresora multifuncional	3	S/784.00	S/2,352.00
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>		<b>S/10,761.00</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 12 se aprecia la inversión de los 4 vehículos de transporte tales como montacargas y camión; ascendiendo a un total de S/130,645.80.

**Tabla 12***Vehículo de transporte*

Vehículos de transporte	Cantidad (und)	Precio (S/)	Total (S/)
Montacargas	2	S/5,172.90	S/10,345.80
Camión	2	S/60,150.00	S/120,300.00
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>		<b>S/130,645.80</b>

*Nota.* Elaboración propia.

## **b. Inversión intangible**

En la tabla 13 se aprecia la inversión de los gastos preoperativos para el correcto funcionamiento de las instalaciones; ascendiendo a un total de S/15,573.00.

**Tabla 13**

*Gastos preoperativos.*

<b>Gastos pre operativos</b>	<b>Total (S/)</b>
Permisos de municipio	S/1,600.00
Estudios	S/4,230.00
Certificado de defensa civil	S/1,543.00
Capacitaciones	S/1,200.00
Comunicaciones	S/3,100.00
Planos	S/2,400.00
Movilidades varias	S/1,500.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 15,573.00</b>

*Nota.* Elaboración propia.

## **c. Capital de trabajo**

En la tabla 14 se aprecia el capital de trabajo para los primeros 5 años de producción de whisky a partir de maíz mediante el método de déficit acumulado máximo, siendo positivo en el primer año con una utilidad acumulada de S/368,741.81; por lo que, en la tabla 14 se realizó el análisis del capital de trabajo en los 5 primeros meses, siendo de igual manera positivo en el primer mes con un capital de trabajo de S/30,728.48.

**Tabla 14***Capital de trabajo en los primeros 5 años.*

<b>AÑO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>INGRESOS</b>	S/3,604,692.00	S/3,863,970.33	S/4,119,852.23	S/4,411,502.78	S/4,746,652.79
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	S/3,604,692.00	S/3,863,970.33	S/4,119,852.23	S/4,411,502.78	S/4,746,652.79
<b>EGRESOS</b>					
Costos de producción	S/2,400,121.36	S/2,516,381.25	S/2,638,446.42	S/2,766,607.15	S/2,901,168.20
Gastos administrativos	S/517,956.00	S/517,956.00	S/517,956.00	S/517,956.00	S/517,956.00
Gastos de comercialización	S/179,715.20	S/179,715.20	S/179,715.20	S/179,715.20	S/179,715.20
Intereses del préstamo	S/49,367.38	S/39,493.90	S/29,620.43	S/19,746.95	S/9,873.48
Amortización de préstamos	S/88,790.25	S/88,790.25	S/88,790.25	S/88,790.25	S/88,790.25
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	S/3,235,950.19	S/3,342,336.60	S/3,454,528.29	S/3,572,815.54	S/3,697,503.12
<b>SALDO (déficit/superávit)</b>	<b>S/368,741.81</b>	S/521,633.74	S/665,323.93	S/838,687.23	S/1,049,149.67
<b>UTILIDAD ACUMULADA</b>	<b>S/368,741.81</b>	S/890,375.55	S/1,555,699.48	S/2,394,386.72	S/3,443,536.39

*Nota.* Elaboración propia.**Tabla 15***Capital de trabajo en los primeros 5 meses.*

<b>MES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>INGRESOS</b>	S/300,391.00	S/300,391.00	S/300,391.00	S/300,391.00	S/300,391.00
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	S/300,391.00	S/300,391.00	S/300,391.00	S/300,391.00	S/300,391.00
<b>EGRESOS</b>					
Costos de producción	S/200,010.11	S/200,010.11	S/200,010.11	S/200,010.11	S/200,010.11
Gastos administrativos	S/43,163.00	S/43,163.00	S/43,163.00	S/43,163.00	S/43,163.00
Gastos de comercialización	S/14,976.27	S/14,976.27	S/14,976.27	S/14,976.27	S/14,976.27
Intereses del préstamo	S/4,113.95	S/4,113.95	S/4,113.95	S/4,113.95	S/4,113.95
Amortización de préstamos	S/7,399.19	S/7,399.19	S/7,399.19	S/7,399.19	S/7,399.19
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	S/269,662.52	S/269,662.52	S/269,662.52	S/269,662.52	S/269,662.52
<b>SALDO (déficit/superávit)</b>	<b>S/30,728.48</b>	S/30,728.48	S/30,728.48	S/30,728.48	S/30,728.48
<b>UTILIDAD ACUMULADA</b>	<b>S/30,728.48</b>	S/61,456.97	S/92,185.45	S/122,913.94	S/153,642.42

*Nota.* Elaboración propia

#### d. Imprevistos

Para la producción de whisky a partir de maíz se consideró un imprevisto del 5% debido a la inestabilidad de la moneda el dólar, el incremento de los precios y/o gasto emergente, siendo así de S/25,050.69.

#### e. Inversión total

En la tabla 16 se aprecia la inversión total para la producción de whisky a partir de maíz dado por el capital de trabajo, la inversión tangible e intangible y un imprevisto del 5%; asciendo así a una inversión de S/526,064.40, con una participación de una entidad financiera del 84.39% y el promotor del proyecto del 15.61%.

**Tabla 16**

#### *Inversión total*

Descripción	Inversión Total	Promotor del proyecto	Financiamiento
<b>Capital del trabajo</b>	<b>S/30,728.48</b>	<b>S/30,728.48</b>	
<u>Inversión tangible</u>			
Maquinaria de producción	S/293,567.83		S/293,567.83
Equipo de producción	S/19,737.60		S/19,737.60
Equipo de oficina	S/10,761.00	S/10,761.00	
Transporte	S/130,645.80		S/130,645.80
<b>Total inversión tangible</b>	<b>S/454,712.23</b>	<b>S/10,761.00</b>	<b>S/443,951.23</b>
<u>Inversión intangible</u>			
Gastos pre operativos	S/15,573.00	S/15,573.00	
<b>Total inversión intangible</b>	<b>S/15,573.00</b>	<b>S/15,573.00</b>	
Imprevistos 5%	S/25,050.69	S/25,050.69	
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>S/526,064.40</b>	<b>S/82,113.17</b>	<b>S/443,951.23</b>
Porcentaje	<b>100.00%</b>	<b>15.61%</b>	<b>84.39%</b>

*Nota.* Elaboración propia

#### f. Presupuesto de ingresos

En la tabla 17 se aprecia el presupuesto de ingresos en los próximos 5 años, dado por una producción anual de 159.85 tn de maíz por año de la localidad de Huarmaca. Además, cada unidad tiene un volumen de 700 ml

de whisky con un precio de venta en el primer año de S/39 y un plan de ventas de 92428 unidades percibiendo así un total de S/3,604,692.00 incrementado al quinto año a S/4,746,652.79.

**Tabla 17**

*Presupuesto de ingresos en los próximos 5 años.*

AÑO	PROGRAMA DE VENTA (und)	PRECIO DE VENTA (S)	TOTAL DE INGRESOS (S)
1	92,428	S/39.00	S/3,604,692.00
2	97,049	S/39.81	S/3,863,970.33
3	101,902	S/40.43	S/4,119,852.23
4	106,997	S/41.23	S/4,411,502.78
5	112,347	S/42.25	S/4,746,652.79

*Nota.* Elaboración propia

**g. Presupuesto de egresos**

**Costo de producción**

En la tabla 18 se aprecia el costo de materiales por cada unidad de whisky de maíz de 700 ml, teniendo un costo unitario de materiales de S/25.12. Asimismo, en la tabla 19 se aprecia el costo de mano de obra directa de producción por 4 operarios ascendiendo anualmente a S/71,030.40

**Tabla 18**

*Costo de materiales por unidad de 700 ml de whisky*

Insumo	Unidad	Precio	Índice de consumo	Monto por und
<b><u>Materiales directos</u></b>				
Trigo	kg	S/1.30	0.25	S/0.3212
Malta	kg	S/1.20	0.49	S/0.5930
Maíz	kg	S/1.21	17.29	S/20.9264
Agua	L	S/0.01	9.39	S/0.0503
Levadura	kg	S/4.99	0.01	S/0.0354
Agua desmineralizada	L	S/1.13	0.48	S/0.5472
<b>Costo total de materiales directos</b>				<b>S/22.4735</b>
<b><u>Materiales indirectos</u></b>				
Envase de vidrio	und	S/1.9000	1	S/1.9000
Etiqueta	und	S/0.7500	1	S/0.7500

<b>Costo total de materiales indirectos</b>	<b>S/2.6500</b>
<b>TOTAL DE COSTO DE MATERIALES</b>	<b>S/25.1235</b>

*Nota.* Elaboración propia

### **Tabla 19**

*Mano de obra directa de producción*

<b>Colaborador</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario mensual</b>	<b>Beneficio (51%)</b>	<b>Monto mensual</b>	<b>Total anual</b>
Operarios	4	S/980.00	S/499.80	S/5,919.20	S/71,030.40
<b>Total</b>					<b>S/71,030.40</b>

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 20 se aprecia el costo anual de consumo de energía eléctrica para la producción de whisky siendo en el primer año de S/6,975.8 y ascendiendo al quinto año a S/7,592.3.

### **Tabla 20**

*Costo anual de energía eléctrica de la producción de whisky*

<b>AÑO</b>	<b>Consumo energía kW/d</b>	<b>Consumo energía kW/m</b>	<b>Costo por kW</b>	<b>Costo anual</b>
1	90.5	2,353.5	S/0.247	<b>S/6,975.8</b>
2	92.5	2,405.5	S/0.247	<b>S/7,130.0</b>
3	94.5	2,457.5	S/0.247	<b>S/7,284.1</b>
4	96.5	2,509.5	S/0.247	<b>S/7,438.2</b>
5	98.5	2,561.5	S/0.247	<b>S/7,592.3</b>

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 21 se aprecia el costo de producción de los próximos 5 años de la producción de whisky de 700 ml, dado por los costos directos e indirectos de producción, siendo el primer año de S/2,400,121.36 y ascendiendo al quinto año a S/2,901,168.20.

**Tabla 21***Costo de producción de la producción de whisky*

ITEMS	AÑOS				
	1	2	3	4	5
<b>Costos directos de producción</b>					
Materiales directos	S/2,077,180.93	S/2,181,039.98	S/2,290,091.98	S/2,404,596.58	S/2,524,826.40
Materiales indirectos	S/244,934.20	S/257,180.91	S/270,039.96	S/283,541.95	S/297,719.05
Mano de obra directa	S/71,030.40	S/71,030.40	S/71,030.40	S/71,030.40	S/71,030.40
<b>Total Costos directos de producción</b>	<b>S/2,393,145.53</b>	<b>S/2,509,251.29</b>	<b>S/2,631,162.33</b>	<b>S/2,759,168.93</b>	<b>S/2,893,575.86</b>
<b>Costos indirectos producción</b>					
Energía eléctrica	S/6,975.83	S/7,129.96	S/7,284.09	S/7,438.22	S/7,592.35
<b>Total de costos indirectos de producción</b>	<b>S/6,975.83</b>	<b>S/7,129.96</b>	<b>S/7,284.09</b>	<b>S/7,438.22</b>	<b>S/7,592.35</b>
<b>TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>S/2,400,121.36</b>	<b>S/2,516,381.25</b>	<b>S/2,638,446.42</b>	<b>S/2,766,607.15</b>	<b>S/2,901,168.20</b>

Nota. Elaboración propia

**Gastos administrativos**

En la tabla 22 se aprecia el sueldo anual de los 10 colaboradores administrativos asciendo a S/387,768.00. Asimismo, en la tabla 23 sea muestra los gastos administrativos dado por alquiler de local, materiales de oficina, internet, teléfono, agua y luz; siendo de S/517,956.00.

**Tabla 22***Colaboradores administrativos de la producción de whisky.*

Colaborador	Cantidad	Salario Mensual	Beneficio 51%	Monto Mensual	Total Anual
Gerente	1	S/4,000.00	S/2,040.00	S/6,040.00	S/72,480.00
Jefe de planta	1	S/3,000.00	S/1,530.00	S/4,530.00	S/54,360.00
Jefe de producción	1	S/2,700.00	S/1,377.00	S/4,077.00	S/48,924.00
Jefe de calidad	1	S/2,500.00	S/1,275.00	S/3,775.00	S/45,300.00
Asistente de calidad	2	S/1,500.00	S/765.00	S/4,530.00	S/54,360.00
Jefe administrativo	1	S/2,000.00	S/1,020.00	S/3,020.00	S/36,240.00
Jefe de finanzas	1	S/2,000.00	S/1,020.00	S/3,020.00	S/36,240.00
Limpieza	1	S/1,000.00	S/510.00	S/1,510.00	S/18,120.00
Vigilantes	1	S/1,200.00	S/612.00	S/1,812.00	S/21,744.00
<b>Total</b>	<b>10</b>				<b>S/387,768.00</b>

Nota. Elaboración propia

**Tabla 23**

*Gastos administrativos de la producción de whisky*

ITEMS	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Sueldos administrativos	S/387,768.00	S/387,768.00	S/387,768.00	S/387,768.00	S/387,768.00
Alquiler de local	S/120,000.00	S/120,000.00	S/120,000.00	S/120,000.00	S/120,000.00
Materiales y útiles de oficina	S/3,600.00	S/3,600.00	S/3,600.00	S/3,600.00	S/3,600.00
Consumo de energía eléctrica	S/960.00	S/960.00	S/960.00	S/960.00	S/960.00
Teléfono para trabajadores	S/3,588.00	S/3,588.00	S/3,588.00	S/3,588.00	S/3,588.00
Internet y teléfono	S/1,440.00	S/1,440.00	S/1,440.00	S/1,440.00	S/1,440.00
Agua	S/600.00	S/600.00	S/600.00	S/600.00	S/600.00
<b>GASTOS TOTALES</b>	<b>S/517,956.00</b>	<b>S/517,956.00</b>	<b>S/517,956.00</b>	<b>S/517,956.00</b>	<b>S/517,956.00</b>

Nota. Elaboración propia

### **Gastos de comercialización**

En la tabla 24 se aprecia el sueldo anual de los 6 colaboradores de comercialización asciendo a S/160,543.20. Asimismo, en la tabla 25 se muestra los gastos de comercialización dado por gastos de marketing, ventas y distribución; siendo de S/179,715.20.

**Tabla 24**

*Colaboradores de comercialización de la producción de whisky.*

Colaborador	Cantidad	Salario Mensual	Beneficio 51%	Monto Mensual	Total, Anual
Vendedores	2	S/1,500.00	S/765.00	S/4,530.00	S/54,360.00
Jefe comercial	1	S/2,000.00	S/1,020.00	S/3,020.00	S/36,240.00
Jefe de Logística	1	S/2,000.00	S/1,020.00	S/3,020.00	S/36,240.00
Almacenero	2	S/930.00	S/474.30	S/2,808.60	S/33,703.20
<b>Total</b>	<b>6</b>				<b>S/160,543.20</b>

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 25***Gastos de comercialización de la producción de whisky*

ITEMS	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Sueldo de colaboradores de comercialización	S/160,543.20	S/160,543.20	S/160,543.20	S/160,543.20	S/160,543.20
	<b>Gastos de marketing</b>				
Promoción	S/3,500.00	S/3,500.00	S/3,500.00	S/3,500.00	S/3,500.00
Investigación de mercados	S/4,300.00	S/4,300.00	S/4,300.00	S/4,300.00	S/4,300.00
Publicidad	S/5,400.00	S/5,400.00	S/5,400.00	S/5,400.00	S/5,400.00
<b>Total de gastos de marketing</b>	<b>S/13,200.00</b>	<b>S/13,200.00</b>	<b>S/13,200.00</b>	<b>S/13,200.00</b>	<b>S/13,200.00</b>
	<b>Gastos de ventas</b>				
Comisiones	S/2,400.00	S/2,400.00	S/2,400.00	S/2,400.00	S/2,400.00
<b>Total de gastos de ventas</b>	<b>S/2,400.00</b>	<b>S/2,400.00</b>	<b>S/2,400.00</b>	<b>S/2,400.00</b>	<b>S/2,400.00</b>
	<b>Gastos de distribución</b>				
gasolina/transportes	S/3,572.00	S/3,572.00	S/3,572.00	S/3,572.00	S/3,572.00
<b>Total de gastos de distribución</b>	<b>S/3,572.00</b>	<b>S/3,572.00</b>	<b>S/3,572.00</b>	<b>S/3,572.00</b>	<b>S/3,572.00</b>
<b>GASTOS TOTALES</b>	<b>S/179,715.20</b>	<b>S/179,715.20</b>	<b>S/179,715.20</b>	<b>S/179,715.20</b>	<b>S/179,715.20</b>

Nota. Elaboración propia

### Gastos financieros

En la tabla 24 se aprecia el gasto financiero de la producción de whisky con un préstamo de S/443,951.23, por un tiempo de 5 años con un interés del 11.12%, siendo así el interés y la amortización en el primer año de S/138,157.62 y reduciendo al quinto año a S/98,663.72.

**Tabla 26***Gastos financieros de la producción de whisky*

ITEMS	Pre operativo	AÑO				
		1	2	3	4	5
Préstamos a LP	S/443,951.23					
Tiempo (años)	5					
Interés del préstamo	11.12%					
Intereses LP		S/49,367.38	S/39,493.90	S/29,620.43	S/19,746.95	S/9,873.48
Amortizaciones LP		S/88,790.25	S/88,790.25	S/88,790.25	S/88,790.25	S/88,790.25
<b>Total de gastos financieros</b>		<b>S/138,157.62</b>	<b>S/128,284.15</b>	<b>S/118,410.67</b>	<b>S/108,537.20</b>	<b>S/98,663.72</b>

Nota. Elaboración propia

## h. Depreciación

En la tabla 27 se aprecia la depreciación anual de la inversión tangible de la producción de whisky dada por la maquinaria y equipos de producción, equipos de oficina y transporte, siendo de S/55,860.28.

**Tabla 27**

*Depreciación de la inversión tangible de la producción de whisky*

Descripción	Activos Total	Valor de Recuperación	Valor a Depreciar	Años a Depreciar	Depreciación Anual
Maquinaria de producción	S/293,567.83	S/110,087.94	S/293,567.83	8	S/36,695.98
Equipo de producción	S/19,737.60	S/0.00	S/19,737.60	5	S/3,947.52
Equipo de oficina	S/10,761.00	S/0.00	S/10,761.00	5	S/2,152.20
Transporte	S/130,645.80	S/65,322.90	S/130,645.80	10	S/13,064.58
<b>TOTAL</b>	<b>S/454,712.23</b>	<b>S/175,410.84</b>			<b>S/55,860.28</b>

Nota. Elaboración propia

## i. TMAR

En la tabla 28 se aprecia la tasa mínima aceptable de rendimiento de la producción de whisky de 13.94% con una tasa inflacionaria de 6.43% y un aporte del promotor del 15.61% y de la financiera del 84.39%.

**Tabla 28**

*Tasa mínima aceptable de rendimiento de la producción de whisky*

Inversión	%Tasa inflacionaria	% de lo que se piensa ganar	TMAR	% aporte	Total
Promotor del proyecto	6.43%	18%	24%	15.61%	3.81%
Financiamiento		12%	12%	84.39%	10.13%
<b>TMAR Global</b>					<b>13.94%</b>

Nota. Elaboración propia

## j. Flujo de caja

En la tabla 29 se aprecia el resumen de los indicadores económicos y financieros, detallados en la tabla 30 se muestra el flujo de caja de la producción de whisky, dado por un valor actual neto positivo, una tasa de interés de retorno del 81.14% siendo mayor a la tasa mínima aceptable de rendimiento del 13.94%, un costo beneficio de 1.18 lo que quiere decir que por cada S/1.00 invertido se tiene una ganancia de S/0.18, además la inversión tiene un periodo de recuperación de 1 año 5 meses y 10 días.

**Tabla 29**

*Resumen de indicadores económicos y financieros*

<b>Valor actual neto (VAN)</b>	S/1,167,069.85
<b>TIR</b>	81.14%
<b>TMAR</b>	13.94%
<b>B/C</b>	1.18
<b>Periodo de recuperación</b>	1 año 5 meses y 10 días

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 30**

*Flujo de caja de la producción de whisky*

<b>AÑO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b><u>Inversión</u></b>						
Capital social	S/0.00					
Préstamos a CP Y LP	S/443,951.23					
<b>Total inversión</b>	<b>S/443,951.23</b>					
<b><u>INGRESOS</u></b>						
		S/3,604,692.00	S/3,863,970.33	S/4,119,852.23	S/4,411,502.78	S/4,746,652.79
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		<b>S/3,604,692.00</b>	<b>S/3,863,970.33</b>	<b>S/4,119,852.23</b>	<b>S/4,411,502.78</b>	<b>S/4,746,652.79</b>
<b><u>EGRESOS</u></b>						
Costos de producción		S/2,400,121.36	S/2,516,381.25	S/2,638,446.42	S/2,766,607.15	S/2,901,168.20
Gastos administrativos		S/517,956.00	S/517,956.00	S/517,956.00	S/517,956.00	S/517,956.00
Gastos de comercialización		S/179,715.20	S/179,715.20	S/179,715.20	S/179,715.20	S/179,715.20
Intereses del préstamo		S/49,367.38	S/39,493.90	S/29,620.43	S/19,746.95	S/9,873.48
Amortización de prestamos		S/88,790.25	S/88,790.25	S/88,790.25	S/88,790.25	S/88,790.25
Depreciación		S/55,860.28	S/55,860.28	S/55,860.28	S/55,860.28	S/55,860.28
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>		<b>S/3,291,810.47</b>	<b>S/3,398,196.88</b>	<b>S/3,510,388.57</b>	<b>S/3,628,675.82</b>	<b>S/3,753,363.40</b>
<b>SALDO BRUTO (antes de impuestos)</b>		<b>S/312,881.53</b>	<b>S/465,773.46</b>	<b>S/609,463.65</b>	<b>S/782,826.95</b>	<b>S/993,289.39</b>
Impuestos a la renta		S/93,864.46	S/139,732.04	S/182,839.10	S/234,848.09	S/297,986.82
<b>SALDO (después de impuestos)</b>		<b>S/219,017.07</b>	<b>S/326,041.42</b>	<b>S/426,624.56</b>	<b>S/547,978.87</b>	<b>S/695,302.57</b>
Depreciación		S/55,860.28	S/55,860.28	S/55,860.28	S/55,860.28	S/55,860.28
<b>SALDO FINAL (déficit/superávit)</b>	<b>-S/443,951.23</b>	<b>S/274,877.35</b>	<b>S/381,901.70</b>	<b>S/482,484.84</b>	<b>S/603,839.15</b>	<b>S/751,162.85</b>
<b>UTILIDAD ACUMULADA</b>	<b>-S/443,951.23</b>	<b>-S/169,073.88</b>	<b>S/212,827.82</b>	<b>S/695,312.66</b>	<b>S/1,299,151.80</b>	<b>S/2,050,314.66</b>
<b>CORRIENTE DE LIQUIDEZ NETA</b>	<b>-S/443,951.23</b>	<b>S/274,877.35</b>	<b>S/381,901.70</b>	<b>S/482,484.84</b>	<b>S/603,839.15</b>	<b>S/751,162.85</b>

Nota. Elaboración propia

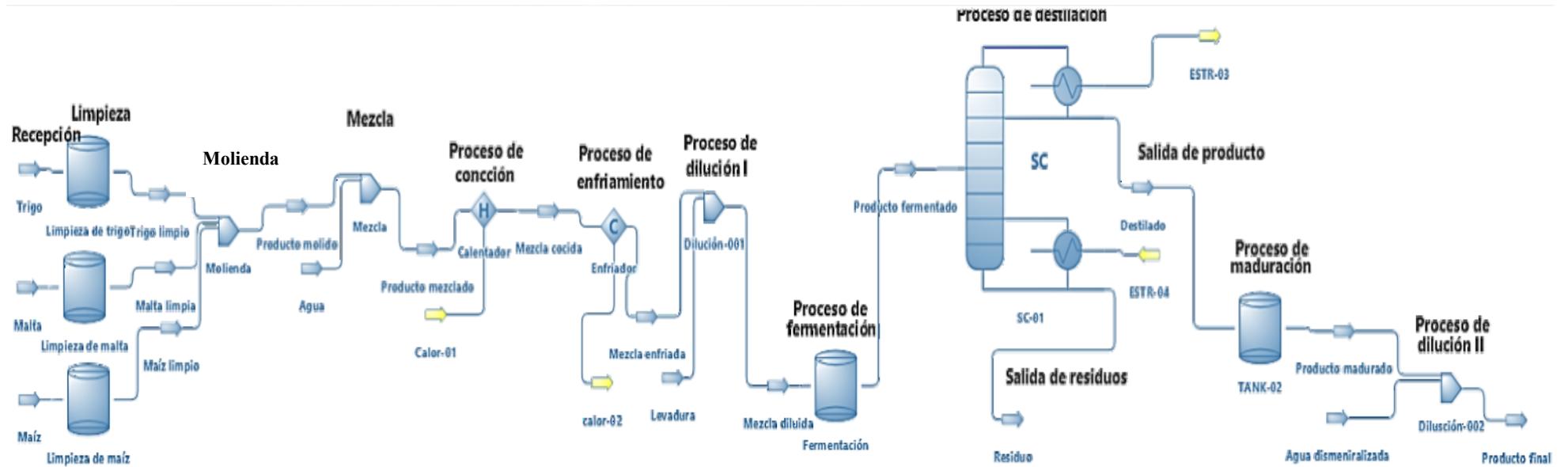
### **3.1.2. Simulación de la obtención de whisky artesanal de Maíz utilizando el software DWSIM**

Para los fines específicos de este proyecto, se utilizó el software DWSIM que tiene licencia gratuita, donde se llevó a cabo el método de comprensión termodinámica para identificar las técnicas de separación adecuadas que se utilizaron en el proceso, para lo cual se empleó propiedades fisicoquímicas y sus relaciones con las técnicas de producción de whisky, por lo tanto, se requieren componentes como el peso molecular, densidad de la materia, densidad del agua, gravedad específica y punto de ebullición de las materias primas. El diagrama de flujo completo se muestra en la figura 2, donde se puede notar que la materia prima distribuida en maíz, trigo y malta es ingresada en un tanque de limpieza para luego ser añadidos en un mezclador para la molienda y posteriormente la mezcla de los materiales.

Enseguida se introducen en un calentador para el proceso de cocción y después se apacigua el calor en un enfriador, a continuación, el proceso de dilución se genera en dos equipos, uno antes de la fermentación y el otro después de la maduración. Asimismo, en la columna de destilación para separar el alcohol del mosto, por lo que como se salidas se presenta el vapor de agua y sedimentos residuales, inmediatamente se realiza el proceso de maduración y dilución para finalmente obtener el producto del whisky. A partir de los resultados evidencian que la densidad de whisky se calcula en 10.74% de la materia inicial, lo cual es relativamente bajo en comparación con los valores deseados, sin embargo, el rango tiende a ser aceptable.

**Figura 9**

*Diagrama de la producción de whisky en el software DWSIM.*



*Nota.* Elaboración propia

### 3.2. Discusión de los resultados

La simulación de la evaporación del proceso de obtención de whisky artesanal de maíz se lleva a cabo mediante un modelo de coeficiente de actividad de dos líquidos no aleatorios (NRTL) debido a la proximidad de los componentes polares y las mezclas de fluidos concebibles de composición caracterizada entre dos o más compuestos químicos que hierven a una temperatura constante y que continúan unidos como si estuvieran formados por un solo componente, además por la proximidad de dos fluidos etapas en algunas etapas del método. Asimismo Delgado et al., (2020) escogió un modelo NRTL como método de predicción termodinámico en fase líquida no ideal al tratarse de un proceso con componentes polares como etanol, agua, glucosa, entre otros presentes en la producción de bioetanol.

Esto concuerda con la investigación de García (2016), donde se empleó el modelo termodinámico de NRTL, que describe el comportamiento de mezclas orgánicas con presencia de agua, basado en el concepto de composición local, asimismo, el sistema después de ejecutar la simulación, genera la secuencia de la deshidratación de etanol, con una concentración alta y supera el azeótropo (99.99% mol), las corrientes de recirculación, comprende en mayor proporción al n-pentano 789.94 lbmol/hr (86%), etanol 113.1516 lbmol/hr (12.36%) y agua 12.082 lbmol/hr (1.32%). Así respecto a las condiciones experimentales, Rodríguez (2018) determino que un tiempo de remojo de 4 días con 24 horas de remojo son suficientes para el malteado mientras que para la fermentación los resultados óptimos se lograron mediante el mosto de malta de maíz a 30°C y con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* obteniendo un 3.64% de etanol.

Mientras que Valencia (2015) indicó que maíz morado, 24 horas de remojo y humedad de 43% y una germinación de 4 días a una temperatura de  $20 \pm 2$  °C y secado hasta 12 % de humedad, alcanzando en estas condiciones 90% de germinación, en cambio con los granos de quinua desinfectados se obtuvo mejores condiciones de germinación con un remojo de 4 horas y humedad de 45.31%, que después de 24 horas de germinación se alcanzó 98.9% de poder germinativo se procedió a un secado y tostado. Las

características la bebida fermentada a base de maíz morado fueron: 5 obrix, pH 3.09, acidez titulable de 0.18% (expresado en ácido láctico) y un contenido de alcohol de 2.4% (v/v), para la quinua negra fue: 5.2 obrix, pH 3.3, acidez titulable de 0.18 % (expresado en ácido láctico) y contenido de alcohol de 1.5 % (v/v).

De esta manera el maíz, malta y trigo como insumos principales son limpiados para luego ser molidos hasta tener consistencia de harina, después se mezcla con agua y se cuece para romper las paredes de celulosa que contienen gránulos de almidón, seguidamente se efectúa el enfriamiento. Después, se transfiere a recipientes para comenzar el proceso de fermentación, donde se agrega levadura y convierte los azúcares presentes en alcohol (Bringhurst y Brosnan, 2016). Así el líquido restante podría convertirse en cerveza, por lo que el siguiente paso sería destilar con goteo lento, produciendo "vino bajo", que es inutilizable en su estado actual, luego se destila más tiempo para producir "vino alto" o whisky nuevo que tiene un 70% de alcohol. Después se añejan en condiciones frescas y húmedas para que absorban agua y se vuelvan menos alcohólicos, pues durante cada año de maduración, aproximadamente el 2% del alcohol se pierde como resultado de la evaporación natural (Russell y Stewart, 2016).

Por otro lado, para el ingreso de las variables controlables en el software DWSIM se requirieron componentes como el peso molecular, densidad de la materia, densidad del agua, gravedad específica y punto de ebullición de las materias primas. En cambio las variables específicas en la investigación de García, (2017), donde se utilizó como simulador el Aspen Plus para el modelado del sistema de destilación de una planta piloto de alcohol, fue necesario el ingreso de datos respecto a la temperatura del reflujo, caudal de reflujo, caudal de alimentación, caudal y condición de la alimentación y presión de la columna. En cambio en el programa Chemcad utilizado por Macka et al., (2015) para la producción de alcohol mediante la simulación de parámetros en la columna de destilación Bach, solo es básico incluir la cantidad de materia prima, la temperatura, la presión de entrada y fracción de vapor, pues los demás datos son automatizados por el sistema.

Este trabajo muestra que la configuración de los equipos para la simulación de obtención de whisky es favorable y está bien definido, pero aún es cuestionable si son eficientes con relación al tiempo de producción, pues se encuentra una cantidad considerable de limitaciones en el desarrollo del diagrama de flujo en el programa DWSIM, por ejemplo, no permite la opción de variable tiempo para calcular el periodo estimado en cada etapa del proceso, especialmente en la fermentación, con relación a la eficiencia de producción. Esta restricción es superada por Honorato et al., (2021), donde las medidas de tiempo se centraron en la actividad de fermentación a una temperatura controlada que se lleva cabo en un simulador gráfico de redes de Petri mediante una función exponencial que asocia el tiempo tanto para la transición de la fermentación a 9 °C y 18 °C cuyo tiempo asignado era un promedio estocástico de 7.200 minutos.

Otra limitación es la base de datos del programa en base a los componentes de la materia prima, pues no se ha encontrado la caracterización molar del maíz, trigo, malta y levadura, por lo que se tuvo que agregar individualmente, sin embargo, aun así, existió limitación en las moléculas y átomos para la composición. Además, la generación de subproductos tiene como resultado un efecto positivo en la eficiencia energética general del proceso, pues, aunque la presencia de una fracción de sólidos en suspensión y otros residuos en el efluente del fermentador provocan una baja fluidez y una reducción de la eficiencia de la separación del etanol, se demostró que la filtración es un método eficaz para eliminar los sólidos.

### **3.3. Aporte práctico**

Los resultados del presente estudio beneficiará a los trabajadores del cultivo de maíz y las comunidades que están dentro del área de influencia porque tendrán mayor demanda del producto debido que se aprovechara su materia prima para la producción de nuevos productos, asimismo contribuirá en la generación de conciencia y responsabilidad ambiental para la implementación de políticas ambientales y buenas prácticas productivas con la finalidad de mejorar el procesamiento de wisky artesanal, que a su vez, generará mayor ingreso económico debido a que el whisky es la parte más importante del

mercado mundial de bebidas alcohólicas y se prevé que crezca a una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 6% durante el próximo período entre 2021 y 2027 (Global Market Insights, 2021).

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Se concluye que en la determinación de los datos de entrada a la simulación del proceso de obtención de whisky artesanal a partir de Maíz se obtuvo a través de revisión literaria para estimar una aproximación de las características y composición de las materias primas, resultando en peso molecular de 180.7 g/mol, 124.5 g/mol 166.1 g/mol y 129.9 g/mol de maíz, malta, trigo y levadura respectivamente, mientras que la densidad de 760 g/cm<sup>3</sup> para maíz, 795 g/cm<sup>3</sup> para malta, y 565 g/cm<sup>3</sup> para trigo y 1040 g/cm<sup>3</sup> para levadura, además el punto de ebullición fue un parámetro importante para controlar la temperatura de calentamiento, donde el calor máximo para el maíz es 349 °C, para malta es 352.5 °C y 352 °C tanto para trigo como para levadura.

Se concluye que en la evaluación de la influencia entre las variables de entrada y salida para cada proceso no hay relación del maíz, la malta y el trigo entre el conocimiento y la fermentación; de igual manera el conocimiento y la fermentación no están relacionados con la destilación, maduración y producto final, por lo tanto, la significancia es mayor a 0.05 de acuerdo con los coeficientes de correlación de Spearman

Se concluye que la producción de whisky de 700 ml con maíz de la localidad de Huarmaca, se tiene una inversión de S/443,951.23, un ingreso anual de ventas en el primer año de S/3,604,692.00, un costo de producción de S/2,400,121.36 y un costo de materiales por unidad de S/25.12; teniendo un valor actual neto (VAN) después de los 5 años de inversión de S/1,167,069.85, un TIR de 81.14% el cual es mayor al TMAR de 13.94%, un costo beneficio de 1.18 y un periodo de recuperación de 1 año 5 meses y 10 días demostrando así su viabilidad económica y financiera.

Se concluye que en la simulación de la obtención de whisky artesanal de Maíz utilizando el software DWSIM se incluyeron el proceso de recepción, limpieza, molienda, mezcla, cocción, enfriamiento, dilución, fermentación, destilación y maduración, lo cual demostró obtener una densidad de whisky de

10.74% de la materia inicial de maíz en 70%, trigo en 10% y malta en 20%, por lo tanto, la producción de whisky es posible en la localidad de Huarmaca como una alternativa de un producto novedoso que presenta potencial para imponerse en un mercado de alcohol premium.

## **4.2 Recomendaciones**

- Se necesitan investigaciones futuras para desarrollar un whisky a partir de maíz con las características tecnológicas y sensoriales, así como la estabilidad de la espuma, la fermentabilidad del mosto y el sabor final para optimizar las recetas de producción.
- Se sugiere mejorar las tecnologías involucradas en la producción y conservación de cerveza a partir de materias primas no convencionales para mantener sus cualidades nutricionales y comercializables.
- Se recomiendan realizar trabajos futuros en base a los escenarios de simulación actuales como la evaluación tecnoeconómica de las variantes del proceso mediante una encuesta para el costo de adquisición de los equipos necesarios para la producción en base a las actividades, tiempos y recursos presentados.
- Se necesita realizar un estudio de mercado con encuestas a la población con la finalidad de determinar la aceptabilidad de un producto alcohólico a base de maíz.
- Se sugiere llevar a cabo otras investigaciones respecto a la producción bebidas alcohólicas con productos novedosos con la finalidad de promover el comercio y consumo de bebidas destiladas de alta gama de origen peruano.

## REFERENCIAS

- Ahumada, A. (2016). *Diseño y evaluación de una estrategia de control para un sistema de destilación extractiva para obtener etanol de alta pureza utilizando glicerol como solvente*. Tesis de Licenciatura., Universidad de los Andes-Facultad de Ingeniería., Bogota. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19086/u728370.pdf?sequence=1>
- Albán, C., & Carrasco, J. (2017). *Elaboración de una bebida alcohólica destilada, evaluando dos niveles de levadura utilizando como sustrato para China (Colocasia Esculenta) y camote (Ipomoea batatas L) en la planta de frutas y hortalizas de la Universidad Estatal de Bolívar*. Universidad Estatal de Bolívar. Obtenido de <https://docplayer.es/59707689-Universidad-estatal-de-bolivar-facultad-de-ciencias-agropecuarias-recursos-naturales-y-del-ambiente-escuela-de-ingenieria-agroindustrial.html>
- Arias, J. (2020). *Proyecto de tesis Guía para la elaboración*. Arequipa, Perú: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/350072280\\_Proyecto\\_de\\_Tesis\\_guia\\_para\\_la\\_elaboracion](https://www.researchgate.net/publication/350072280_Proyecto_de_Tesis_guia_para_la_elaboracion)
- Arias, N. (2020). *Determinación de las características físico-químicas y microbianas del mucílago del café para la bioproducción de alcohol y la simulación de su obtención con el software Aspen Hysys y Aspen Plus*. Tesis de Grado., Universidad Autónoma de Bucaramanga-Facultad de Ingeniería. Obtenido de [https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/12122/2020\\_Tesis\\_Nicolas\\_Arias.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/12122/2020_Tesis_Nicolas_Arias.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arias, N. (2020). *Determinación de las características físico-químicas y microbianas del mucílago del café para la bioproducción de alcohol y la simulación de su obtención con el software Aspen Hysys y Aspen Plus. Proyecto de grado*. Colombia: Universidad Autónoma de Bucaramanga. Obtenido de <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/12122>
- Bautista, E., Salinas, Y., Santacruz, A., Córdova, L., & López, H. (2019). Características físicas y químicas de la raza de maíz Palomero Toluqueño. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(2). Obtenido de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000200441&script=sci\\_arttex](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000200441&script=sci_arttex)

- Carrasco, B. (2019). *Evaluación técnica del proceso discontinuo y semicontinuo de destilación por arrastre con vapor para la obtención de aceites esenciales de Ocotea Quixos*. Universidad Estatal Amazónica. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/710>
- College, P. G. (Marzo de 05 de 2020). *Library & learning resources*. Obtenido de Información bibliografica: <https://pgcc.libguides.com/c.php?g=60038&p=385730#:~:text=A%20bibliography%20is%20a%20list,book%2C%20article%20or%20research%20paper>.
- Cote, J. (2010). Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad en la historia de la humanidad. *AAPAUNAM Academia, Ciencia y Cultura*. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/aapaunam/pa-2010/pae101i.pdf>
- Creative Commons Attribution-ShareAlike. (2021). *DWSIM chemical Process Simulator*. <https://dwsim.fossee.in/>
- Cruz-Llerena, A., Pérez-Ones, O., Zumalacárregui-de Cárdenas, L., & Pérez-de los Ríos, J. (2019). Simulación en Aspen Hysys v10.0 de los procesos de destilación de aguardiente y concentración de vinazas. *Icidca sobre los derivados de la caña de azúcar*, 53(3). Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/341709777\\_Simulacion\\_en\\_Aspen\\_Hysys\\_v100\\_de\\_los\\_procesos\\_de\\_destilacion\\_de\\_aguardiente\\_y\\_concentracion\\_de\\_vinazas](https://www.researchgate.net/publication/341709777_Simulacion_en_Aspen_Hysys_v100_de_los_procesos_de_destilacion_de_aguardiente_y_concentracion_de_vinazas)
- Cussianovich, K. (2016). *Obtención y caracterización de aguardiente de 40° G.L. a partir de gaseosas y néctar de descarte*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1898/Tesis-pregrado-2016-Karlos-Q02-C88-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Delgado, J., Soler, J., & Peña, J. Ángel. (2020). Producción de bioetanol carburante a partir del residuo mucilaginoso de cacao CCN-51 y su simulación en Aspen Plus®. *Jornada de Jóvenes Investigadores del I3A*, 8. <https://doi.org/10.26754/jjii3a.4893>

- Díaz, G., & Pernalete, C. (2013). *Desarrollo de una Herramienta Libre para la Simulación Rigurosa de Columnas de Destilación en Estado Estacionario (Development of an Open Source Tool for Rigorous Distillation Column Simulation in Steady State)*.
- Deras, H. (2020). *Guía técnica. El cultivo del maíz*. El Salvador : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura .
- Flores, L., Osorio, L., Pérez, A., Sánchez, D., Rodríguez, T., Guitierrez, V., . . . Popoca, F. (2019). Elaboración de una bebida fermentada tipo cerveza artesanal a base de malta adicionada. *Revista Tecnológica Agrobioalimentaria*, 3(1). Obtenido de <http://agrobioalimentaria.uttehuacan.edu.mx/media/files/Vol3num1/Elaboraciondeunabebidafermentadatipocervezaartesanalabasedemaltaadicionadacontallodemaiz.pdf>
- Fondo Monetario Internacional (2021). *Perspectivas de la economía Mundial. Manejar recuperaciones divergentes*. Washington. DC, abril. Obtenido de <file:///C:/Users/jjsla/Downloads/text.pdf>
- Font, A. (2019). Historia, elaboración y tipos de licores y aguardientes. *Destilados y aguardientes*. Obtenido de <http://190.57.147.202:90/xmlui/bitstream/handle/123456789/707/Historia-elaboracion-y-tipos-de-licores-y-aguardientes.pdf?sequence=1>
- Fritzson, Peter. (2015). *Introducción al Modelado y Simulación de Sistemas Técnicos y Físicos con Modelica*. <http://liu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A853769&dswid=9430>
- García, S., Arguello, A., & Parra, R. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *Revista de la Universidad Internacional del Ecuador*, 4(2). Obtenido de <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/909/1510>
- García, V. (2016). Modelado y simulación del sistema de destilación de la planta piloto de alcohol de la UNAP-FIQ, para la obtención de bioetanol carburante. *Tesis de grado*, 81. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7972/Tesis%20Maestr%c3%adaX%20->

%20V%c3%adctor%20Garc%c3%ada%20P%c3%a9rez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- García Pérez, V. (2017). Modelado y simulación del sistema de destilación de la planta piloto de alcohol de la UNAP-fiq, para la obtención de bioetanol carburante. *Universidad Nacional de Trujillo*. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7972>
- Guerrero, E., & Yépez, A. (2018). *Elaboración de una Bebida Alcohólica Destilada a partir de Yuca (Manihot esculenta) y Zanahoria Blanca (Arracacia xanthorrhiza)*. Quito: Universidad San Francisco de Quito USFQ. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7471/1/138951.pdf>
- Global Market Insights, I. (2021, junio 30). *Whiskey Market value to cross \$85 billion by 2027, Says Global Market Insights Inc.* GlobeNewswire News Room. <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/06/30/2256140/0/en/Whiskey-Market-value-to-cross-85-billion-by-2027-Says-Global-Market-Insights-Inc.html>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- hidrología, S. n. (01 de Junio de 2010). *Servicio nacional de meteorología e hidrología*. Obtenido de Evaluación del efecto del clima en la productividad del maíz amarillo duro en la costa central del Perú: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-10.pdf>
- Honorato, J., Cunha, E., Pereira, I., Oliveira, I., Anjos, M., de Carvalho, L., & Souza, F. (2021, marzo 11). *Modelling and Simulation Applied to Gluten-Free Craft Beer: Case Study of a Manufacturing Process*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Producción Nacional en Perú*. <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/produccion-nacional/1/>
- Lauzurique, O. (17 de Mayo de 2017). Simulación de la destilacion extractiva con sales para la obtención de etanol deshidratado. *Mexicana de Ingeniería Química.*, 16(3). Obtenido de <http://rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1102/410>

- Lauzurique-Guerra, Y., Zumalacárregui-de Cárdenas, L., & Pérez-Ones, O. (2017). Evaluación de técnicas de deshidratación de etanol aplicando la simulación. (U. N. Colombia, Ed.) *Dyna*, 84(200), 185-192. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49650910022.pdf>
- López, I., & Zumalacárregui, L. (2019). Application of principal component analysis to alcoholic fermentation. *Revista Científica de la UCSA*, 6(2). Obtenido de <https://revista.ucesa-ct.edu.py/ojs/index.php/ucesa/article/view/13/16>
- Macka, R., Del Aguila, R., & Silva, C. (2015). Optimización, de la producción de alcohol mediante la simulación de parámetros en la columna de destilación Bach de la planta piloto de alcohol de la FIQ-UNAP. *Tesis*. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Obtenido de [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5010/Rosa\\_Tesis\\_Titulo\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5010/Rosa_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Manfugás, J. (2020). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=heDzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP6&dq=propiedades+organol%C3%A9pticas+de+los+alimentos&ots=yiOoY5oi-H&sig=2-MORVCOy4favYtUue6OCvG4dQc>
- Milón, D. (2019). *Elaboración de whiskey de maíz morado denominado black whiskey*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola. Obtenido de [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9722/1/2019\\_Milon-Mayer.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9722/1/2019_Milon-Mayer.pdf)
- MINAM. (26 de mayo de 2011). *Razas del maíz en el Perú*. Obtenido de Ministerio del ambiente Perú: <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/razasmaizperu.pdf>
- MINAM. (2018). Línea base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. *Ministerio del ambiente*, 111. Obtenido de <https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Linea-de-base-ma%C3%ADz-LowRes.pdf>
- Montiel Rivas, J. L. (2017). *Diseño y simulación del proceso de obtención de etanol a partir de bagazo de caña*. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/6119>

- Mordor Intelligence. (2021). *Alcoholic Beverages Market*.  
<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/alcoholic-beverages-market>
- Muñoz, J., Párraga, R., Zambrano, M., Alcívar, P., & Zambrano, V. (2019). Factibilidad para la instalación de una industria procesadora de licor de cacao. *Gestión en el Tercer Milenio*, 22(44). Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/administrativas/article/view/17313/14570>
- Nayak, P., Dalve, P., Sai, R. A., Jain, R., Moudgalya, K. M., Naren, P. R., Fritzson, P., & Wagner, D. (2019). Chemical Process Simulation Using OpenModelica. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 58(26), 11164-11174. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b00104>
- Ñaupas, H., & Paitán, Marcelino Raúl Valdivia Dueñas, Jesús Josefa Palacios Vilela, H. E. R. D. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. En *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Número 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Orozco Morocho, B. E. (2019). *Modelado y simulación de un sistema de destilación binaria benceno-tolueno para la predicción de la composición de los productos mediante redes neuronales artificiales*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14107>
- Palacios, T., Ramírez, C., López, A. M., Peña, E., & Brito, H. (2020). Uso del almidón de papa súper chola (*solanum tuberosum*) en la producción de una bebida alcohólica. *La Ciencia al Servicio de la Salud y la Nutrición*, 11. Obtenido de <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/507/512>
- Peersman, G. (2014). Overview: Data Collection and Analysis Methods in Impact Evaluation. En *Revista Latinoamericana de Psicología* (Vol. 34, Número 3).
- Ricardo, M. C. J., Garcia, J. G. B., Sánchez, E. J. P., & Sánchez, A. P. (2018). Simulación del proceso de producción de cerveza a escala piloto. *Afinidad: Revista de química teórica y aplicada*, 75(581), 39-44.
- Rodríguez, J. (2018). *Malteado y fermentación de maíz para la obtención de whisky artesanal*. México: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/26541/Julio%20C%C3%A9sar%20Rodr%C3%ADguez%20Espinoza.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Rosendo, J. (2017). *Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de Opuntia ficus-indica (L.) Miller procedente del distrito de San Bartolomé, Huarochirí-Lima*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5715/Lima\\_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5715/Lima_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Shorey, R. (2018). Simulation of Distillation Column using DWSIM and ASPEN Plus: A Comparative Study. *undefined*.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Simulation-of-Distillation-Column-using-DWSIM-and-A-Shorey/9fcaebc1a65cd59500a9ee24070d50c9ba7cfb2f>

Silva., W. (2014). *Instalacion de una Mini-Planta de Producción de Whisky tipo Bourbon a partir de Maiz(Zea mays)*. Tesis de Grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque-Perú. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/116/BC- TES-3841.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Souza, R. y Murrieta, R. (2017). Plan de negocio de Achunis Bar SAC año 2017. Tesis de grado, Universidad Científica del Perú, Iquitos – Perú. Obtenido de [http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/467/SOUZA-MURRIETA-1-Trabajo-](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/467/SOUZA-MURRIETA-1-Trabajo-Plan.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Cada%20peruano%20bebe%2C%20en%20promedio,Latinoam%C3%A9rica%20de%20consumo%20de%20licor.)

[Plan.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Cada%20peruano%20bebe%2C%20en%20promedio,Latinoam%C3%A9rica%20de%20consumo%20de%20licor.](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/467/SOUZA-MURRIETA-1-Trabajo-Plan.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Cada%20peruano%20bebe%2C%20en%20promedio,Latinoam%C3%A9rica%20de%20consumo%20de%20licor.)

Valdaviezo, R., & Morales, M. (2016). *Elaboración de un destilado alcohólico a base de granos de maíz*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Obtenido de <https://es.slideshare.net/reynaldocarlos2/ali-64125-v35-2016>

Valencia, P. (2015). *Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (Zea Mays) y quinua (Chenopodium Quinoa) variedad INIA 420 Negra Collana*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Obtenido de

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/159/B2-M-18257.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Vargas-Santillán, A., Aguilar-González, A. L., Zuñiga-Neria, G. C., & Castro-Montoya, A. J. (2019). Análisis Tecno-Económico de Gasificación de Polietileno, caso en México. *Revista de Tecnologías en procesos Industriales*, 3(7), 1-5. <https://doi.org/10.35429/jtip.2019.7.3.1.5>
- Vera, J., Castaño, R., & Torres, Y. (2018). *Fundamentos de metodología de la investigación científica*. (E. G. Compás, Ed.) Guayaquil, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo Obtenido de <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/274/3/libro.pdf>
- Zeta, D. (2018). *Otención y caracterización de licor a partir de papaya (Carica papaya L.) y maracuyá (Passiflora edulis form. Flavicarpa)*. Piura: Universidad Nacional De Piura. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1391/IND-ZET-TIN-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

### Informe de resultados de simulación DWSIM

#### Objeto: Maíz (Material Stream)

Temperatura	298.15	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	0.7	kg/s
Flujo molar	13.9458	kmol/h
Flujo volumétrico	0.000164616	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	4252.33	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	180.7	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-201.514	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-0.580255	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-36413.6	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-104.852	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0	W/[m.K]

#### Objeto: Malta (Material Stream)

Temperatura	298.15	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	0.2	kg/s
Flujo molar	4.33474	kmol/h
Flujo volumétrico	0.000254373	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	786.246	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	166.1	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-427.08	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-1.35505	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-70938	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-225.074	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0	W/[m.K]

**Objeto: Trigo (Material Stream)**

Temperatura	298.15	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	0.1	kg/s
Flujo molar	1.99225	kmol/h
Flujo volumétrico	2.35165E-05	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	4252.33	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	180.7	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-201.514	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-0.580255	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-36413.6	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-104.852	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0	W/[m.K]

**Objeto: Limpieza de malta**

Nivel de líquido	0	m
Altura	2	m
Inicializar mediante Inlet	0	
Stream		
Restablecer contenido	0	
Caída de presión	0	Pa
Volumen	5	m <sup>3</sup>
Tiempo de residencia	19656.1	s

**Object: Limpieza de maíz (Liquid Storage Tank)**

Nivel de líquido	0	m
Altura	2	m
Inicializar mediante Inlet	0	
Stream		
Restablecer contenido	0	
Caída de presión	0	Pa
Volumen	5	m <sup>3</sup>

Tiempo de residencia	30373.8	s
Presión	101325	Pa
Flujo másico	0.2	kg/s
Flujo molar	4.33474	kmol/h
Flujo volumétrico	0.000254373	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	786.246	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	166.1	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-427.08	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-1.35505	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-70938	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-225.074	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0	W/[m.K]

**Object: Producto**  
**madurado (Material Stream)**

Temperatura	339.255	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	1.61006	kg/s
Flujo molar	215.865	kmol/h
Flujo volumétrico	0.00166201	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	968.742	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	26.851	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-1666.07	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-4.11822	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-44735.6	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-110.578	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.475795	W/[m.K]

**Objeto: Residuo**

Temperatura	71.4105	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	1.38988	kg/s

Flujo molar	32.6442	kmol/h
Flujo volumétrico	0.00110462	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	1258.24	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	153.275	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-481.242	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-2.08738	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-73762.6	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-319.944	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.000169995	W/[m.K]

**Objeto: Destilado**  
**(Material Stream)**

Temperatura	339.255	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	1.61006	kg/s
Flujo molar	215.865	kmol/h
Flujo volumétrico	0.00166201	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	968.742	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	26.851	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-1666.07	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-4.11822	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-44735.6	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-110.578	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.475795	W/[m.K]

**Object: Mezcla enfriada**  
**(Material Stream)**

Temperatura	579.674	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	2	kg/s
Flujo molar	220.103	kmol/h
Flujo volumétrico	2.90049	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	0.689539	kg/m <sup>3</sup>

Peso molecular (mezcla)	32.7119	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	364.635	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	0.90895	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	11927.9	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	29.7335	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.043751	W/[m.K]

**Objeto: Levadura  
(Material Stream)**

Temperatura	298.15	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	1	kg/s
Flujo molar	28.4152	kmol/h
Flujo volumétrico	0.0306524	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	32.6239	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	126.693	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-570.268	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-0.828449	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-72248.8	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-104.958	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.689122	W/[m.K]

**Object: Mezcla cocida  
(Material Stream)**

Temperatura	579.674	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	2	kg/s
Flujo molar	220.103	kmol/h
Flujo volumétrico	2.90049	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	0.689539	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	32.7119	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	364.635	kJ/kg

Entropía específica (mezcla)	0.90895	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	11927.9	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	29.7335	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.043751	W/[m.K]

**Object: Mezcla para calentar (Material Stream)**

Temperatura	249.674	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	2	kg/s
Flujo molar	220.103	kmol/h
Flujo volumétrico	0.107297	m3/s
Densidad (Mezcla)	18.6399	kg/m3
Peso molecular (mezcla)	32.7119	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-1391.82	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-3.85577	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-45529	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-126.13	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.915112	W/[m.K]

**Objeto: Agua (Material Stream)**

Temperatura	298.15	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	1	kg/s
Flujo molar	199.83	kmol/h
Flujo volumétrico	0.00100369	m3/s
Densidad (Mezcla)	996.327	kg/m3
Peso molecular (mezcla)	18.0153	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-2537.04	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-6.83399	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-45705.5	kJ/kmol

Entropía Molar (Mezcla)	-123.116	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.610248	W/[m.K]

**Object: Producto molido  
(Material Stream)**

Temperatura	268.434	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	1	kg/s
Flujo molar	20.2728	kmol/h
Flujo volumétrico	0.00055263	m3/s
Densidad (Mezcla)	1809.53	kg/m3
Peso molecular (mezcla)	177.578	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-246.627	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-0.71501	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-43795.6	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-126.97	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0	W/[m.K]

**Objeto: Agua  
dismeniralizada**

Temperatura	298.15	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	1	kg/s
Flujo molar	199.83	kmol/h
Flujo volumétrico	0.00100369	m3/s
Densidad (Mezcla)	996.327	kg/m3
Peso molecular (mezcla)	18.0153	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-2537.04	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-6.83399	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-45705.5	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-123.116	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.610248	W/[m.K]

**Object: Mezcla diluida  
(Material Stream)**

Temperatura	430.308	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	3	kg/s
Flujo molar	248.518	kmol/h
Flujo volumétrico	2.34664	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	1.27842	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	43.4576	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	53.0002	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	0.446861	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	2303.26	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	19.4195	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.0280549	W/[m.K]

**Object: Producto  
fermentado (Material Stream)**

Temperatura	430.308	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	3	kg/s
Flujo molar	248.518	kmol/h
Flujo volumétrico	2.34664	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	1.27842	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	43.4576	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	53.0002	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	0.446861	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	2303.26	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	19.4195	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.0280549	W/[m.K]

**Object: Trigo limpio  
(Material Stream)**

Temperatura	298.15	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	0.1	kg/s
Flujo molar	1.99225	kmol/h
Flujo volumétrico	2.35165E-05	m3/s
Densidad (Mezcla)	4252.33	kg/m3
Peso molecular (mezcla)	180.7	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-201.514	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-0.580255	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-36413.6	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-104.852	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0	W/[m.K]

**Objeto: ESTR-04 (Energy Stream)**

Flujo de energía	4332.49	Kilovatio
------------------	---------	-----------

**Objeto: ESTR-03 (Energy Stream)**

Flujo de energía	7842.82	Kilovatio
------------------	---------	-----------

**Objeto: Calor-01 (Energy Stream)**

Flujo de energía	3512.9	Kilovatio
------------------	--------	-----------

**Objeto: calor-02 (Energy Stream)**

Flujo de energía	0	Kilovatio
------------------	---	-----------

**Objeto: TANK-02 (Tanque de almacenamiento de líquidos)**

Nivel de líquido	0	m
Altura	2	m
Inicializar mediante Inlet	0	
Stream		
Restablecer contenido	0	
Caída de presión	0	Pa
Volumen	15	m3
Tiempo de residencia	9025.23	s

**Objeto: Fermentación (tanque de almacenamiento de líquidos)**

Nivel de líquido	0	m
Altura	2	m
Inicializar mediante Inlet	0	
Stream		
Restablecer contenido	0	
Caída de presión	0	Pa
Volumen	15	m3
Tiempo de residencia	6.39211	s

**Object: Limpieza de trigo (Liquid Storage Tank)**

Nivel de líquido	0	m
Altura	2	m
Inicializar mediante Inlet	0	
Stream		
Restablecer contenido	0	
Caída de presión	0	Pa
Volumen	5	m3
Tiempo de residencia	212617	s

**Objeto: Calentador**  
**(Calentador de corriente de material)**

Conductancia de flujo	1	[kg/s]/[Pa <sup>0.5</sup> ]
Volumen	1	m <sup>3</sup>
Presión mínima	101325	Pa
Inicializar mediante Inlet	1	
Stream		
Restablecer contenido	0	
Caída de presión	0	Pa
Eficacia	100	
Temperatura de salida	579.674	K
Calor añadido	3512.9	Kilovatio
Fracción de vapor molar de salida	1	
Delta-T	330	K.

**Objeto: Enfriador**  
**(Material Stream Cooler)**

Conductancia de flujo	1	[kg/s]/[Pa <sup>0.5</sup> ]
Volumen	1	m <sup>3</sup>
Presión mínima	101325	Pa
Inicializar mediante Inlet	1	
Stream		
Restablecer contenido	0	
Caída de presión	0	Pa
Eficacia	100	
Temperatura de salida	579.674	K
Calor eliminado	0	Kilovatio
Fracción de vapor molar de salida	1	
Delta-T	1.49106E-07	K.

**Object: Producto final**  
**(Material Stream)**

Temperatura	319.166	K
Presión	101325	Pa
Flujo másico	2.61006	kg/s
Flujo molar	415.687	kmol/h
Flujo volumétrico	0.00261479	m <sup>3</sup> /s
Densidad (Mezcla)	998.19	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular (mezcla)	22.604	kg/kmol
Entalpía específica (mezcla)	-1999.77	kJ/kg
Entropía específica (mezcla)	-5.16118	kJ/[kg. K]
Entalpía molar (mezcla)	-45202.8	kJ/kmol
Entropía Molar (Mezcla)	-116.664	kJ/[kmol. K]
Conductividad térmica (mezcla)	0.502372	W/[m.K]