

**DISEÑO DE UNA BEBIDA GASEOSA CON REDUCCIÓN DE
AZÚCAR ENFOCADA A LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA**

PRESENTADO POR

CRISTHIAN CAMILO CAMACHO MORENO

MARÍA DE LOS ANGELES HERNÁNDEZ ACOSTA

DIRECTORES:

DIANA CATALINA MORENO GUARÍN

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.

2023

**DISEÑO DE UNA BEBIDA GASEOSA CON REDUCCIÓN DE AZÚCAR
ENFOCADA A LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA**

CRISTHIAN CAMILO CAMACHO MORENO
MARÍA DE LOS ANGELES HERNÁNDEZ ACOSTA

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título
de:

Ingeniería Industrial

Directores:

DIANA CATALINA MORENO GUARÍN

Línea de investigación: Gestión de procesos industriales

-

Universidad ECCI
Dirección de Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2023

Agradecimientos (A nivel académicos)

A la Universidad ECCL por prestar sus espacios para darle rienda a los conocimientos. A mi tutora Diana Catalina, por ser un apoyo en cada momento, por confiar en el equipo y abrirnos las puertas a nuevas experiencias. A mi compañero Cristhian Camilo, por ser un complemento en cada una de las actividades.

María de los Angeles Hernández Acosta

A la Universidad ECCL por los espacios propicios para el desarrollo y afianzamiento de nuestros conocimientos. A mi tutora Diana Catalina, por el apoyo, la exigencia, ser una guía y un respaldo para cada idea propuesta. A mi Compañera María Hernández, por la entrega, la comprensión y la gran dedicación para hacer que esto fuese realidad.

Cristhian Camilo Camacho Moreno

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE GRÁFICAS	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	9
RESUMEN (Del proyecto)	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3. JUSTIFICACIÓN	14
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
4. HIPOTESIS	16
5. MARCO TEÓRICO	17
6. DISEÑO METODOLÓGICO	24
7. RESULTADOS	26
8. CONCLUSIONES	55
ANEXOS	57
BIBLIOGRAFÍA	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: formulación planteada	25
Tabla 2: Relación de muestras a tomar para pruebas de espectrofotometría	25
Tabla 3: Primera formulación utilizada para experimentación.	24
Tabla 4: Análisis de muestras para determinar cantidad de color caramelo	27
Tabla 5: Formulación bebida final.	29
Tabla 6: Configuración de etiquetas para ingreso de MP	34
Tabla 7: Configuración de proporciones para ingreso de MP al tanque aroma	43
Tabla 8: Configuración de proporciones para ingreso de MP al tanque concentrado	44

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1: Curva de absorbancia de color caramelo	28
Gráfico 2: Resumen resultados prueba hedónica	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Laboratorio de Escala de Colores y Espectrofotometría.	27
Figura 2: Comparación de ingredientes para mejorar niveles de gasificación casera.	29
Figura 3: Comparativa de bebidas terminadas con 1,5g y 3,0g de Color Caramelo.	30
Figura 4: Reducción de las muestras de 500ml a 300ml	30
Figura 5: Diagrama de procesos con entradas y salidas (laboratorio)	32
Figura 6: Diagrama de procesos con entradas y salidas (escalamiento)	33
Figura 7: Diseño de la planta de fabricación de gaseosas	33
Figura 8: Visualización de Source de ingresos	34
Figura 9: Parámetros de Source de ingresos	35
Figura 10: Visualización Seccionadores de MP	35
Figura 11: Parámetros de Seccionador de MP	36
Figura 12: Visualización Queues de Bodega de MP	36
Figura 13: Parámetros de Queues de Bodega de MP	37
Figura 14: Visualización Dispatcher de ingreso a Bodega de MP.	37
Figura 15: Parámetros de Dispatcher de ingreso a Bodega de MP	38
Figura 16: Visualización Montacargas de Bodega de MP	38
Figura 17: Parametrización Montacargas de Bodega de MP.	39
Figura 18: Visualización Racks de Bodega de MP	39
Figura 19: Parametrización Racks de Bodega de MP	40
Figura 20: Visualización Tanques de Agua	40
Figura 21: Parametrización tanque de Agua Purificada	41
Figura 22: Parametrización tanque de Agua Tratada	41
Figura 23: Visualización Tubería PW a Tanque Mezcla de Bebida	42
Figura 24: Parametrización Tubería PW a Tanque Mezcla de Bebida	42
Figura 25: Visualización Tuberías Agua Tratada a Tanques de Aroma y Concentrado	42
Figura 26: Parametrización Tuberías Agua Tratada a Tanques de Aroma y Concentrado	43
Figura 27: Visualización "FluidToltem" de Aroma y Concentrado	43
Figura 28: Parametrización "FluidToltem" de Aroma	44
Figura 29: Parametrización "FluidToltem" de Concentrado	44
Figura 30: Visualización Mixer Aroma	45

Figura 31: Parámetros de Mixer Aroma	45
Figura 32: Visualización Mixer Concentrado	45
Figura 33: Parametrización Mixer Concentrado	46
Figura 34: Visualización Tubería Concentrado a Clarificador	46
Figura 35: Parametrización Tubería Concentrado a Clarificador	46
Figura 36: Visualización Clarificador	47
Figura 37: Parametrización Clarificador	47
Figura 38: Parametrización Tubería Clarificador a Cocción	47
Figura 39: Visualización Tanque Cocción	48
Figura 40: Parametrización Tanque Cocción	48
Figura 41: Visualización Tanque Mezcla Bebida	48
Figura 42: Parametrización Tanque Mezcla Bebida	49
Figura 43: Parametrización Tubería Mezcla Bebida a Carbonatador	49
Figura 44: Visualización Carbonatador	49
Figura 45: Parametrización Carbonatador	50
Figura 46: Visualización Envasadora	50
Figura 47: Parametrización Envasadora	50
Figura 48: Visualización Envasadora	51
Figura 49: Parametrización Envasadora	51
Figura 50: Visualización y Parametrización Operarios	51
Figura 51: Visualización Empaque	52
Figura 52: Parametrización Empaque	52
Figura 53: Visualización y Parametrización Source Canastas	53
Figura 54: Visualización Almacenamiento Temporal	53
Figura 55: Parametrización Almacenamiento Temporal	53
Figura 56: Visualización Racks de Producto Terminado.	54
Figura 57: Parametrización Racks de Producto Terminado.	54
Figura 58: Visualización Queue Salida PT	54
Figura 59: Etiquetas de información nutricional de productos chilenos	57
Figura 60: Formulario Google para pruebas hedónicas a consumidores	58

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

- EFSA: European Food Safety Authority
- FDA: Food and Drug Administration
- IDA: Ingesta Diaria Admisible

RESUMEN (DEL PROYECTO)

A partir de los resultados en el proyecto “Evaluación teórica de endulzantes para reemplazar el azúcar en bebidas carbonatadas” se procede a reformular una bebida gaseosa de cola negra teniendo en consideración los nuevos parámetros de azúcar añadido para las bebidas. Se establece una mezcla de edulcorantes (Stevia y Sucralosa). Adicionalmente, se realizaron estudios de espectrofotometría para ajustar la coloración final de la bebida de modo que, haciendo uso de una curva patrón, se logra ajustar la cantidad de color caramelo requerida para obtener la sensación visual de una bebida de cola negra comercial. Finalmente, se realiza una evaluación sensorial a consumidores, obteniendo resultados favorables a la investigación, acercándose así a una bebida que gusta al cliente sin impactar a la salud de este en el largo plazo. Adicionalmente se presenta una modelación y diseño del proceso de elaboración para poder hacer un escalamiento a nivel industrial haciendo uso del software para simulaciones 3D: FlexSim.

Palabras clave: Gaseosa, Stevia, Carbonatación, Caramelo, FlexSim.

1. INTRODUCCIÓN

En noviembre de 2021, se presenta el documento “Evaluación Teórica de Endulzantes para reemplazar el azúcar en las bebidas carbonatadas”. En este se desarrolla una investigación basada en esta bebida, altamente consumida por los estudiantes universitarios, y cómo mitigar el impacto de su consumo en la población. Enfrentándose a la problemática de disminuir la obesidad y diferentes patologías relacionadas al consumo de azúcares en un punto donde el sistema empieza a realizar su transición entre la adolescencia y la adultez, se observa que los estudiantes mantienen su consumo habitual más su organismo no reacciona de la misma manera. Por ello, se plantea realizar el estudio de diferentes edulcorantes utilizados en la industria, entre estos se mencionan: sucralosa, Acesulfame k, aspartamo y Stevia Rebaudiana.

Después de realizarse los determinados estudios de diferentes características organolépticas y fisicoquímicas como: Ingesta Diaria Admitida, Poder Edulcorante, Toxicidad e Índice Glicémico, se determina que la Stevia, por su origen natural, era la opción que mejores resultados podría aportar.

Una vez definido el edulcorante, se procede a la realización de tres formulaciones en las que se sustituye el azúcar por Stevia en diferentes porcentajes (25% Stevia - 75% azúcar, 50% Stevia - 50% azúcar y 100% Stevia) y, mediante experimentación y una receta casera para gaseosas de cola negra, se hacen 1,6 litros de cada una de estas formulaciones para hacer una prueba de análisis sensorial.

Esta prueba se realizó a 31 personas quienes compararon el sabor de las tres formulaciones comparadas con una bebida de venta comercial ya consolidada. Los resultados que se obtuvieron fue una clara tendencia de predilección por la bebida comercial y, de las formulaciones presentadas, la que mejor se ubicó fue la que presentaba menor proporción de Stevia.

Dentro de las recomendaciones dadas por los consumidores, la que se pudo observar con frecuencia es que las bebidas que contenían una mayor proporción de Stevia con respecto al azúcar tenían un sabor asociado a los jarabes medicinales.

Por otra parte, mediante la experimentación, se pudo notar que el proceso de carbonatación debía mejorarse, puesto que se realizó de manera casera, utilizando hielo seco y recipientes que podrían contar con fugas por lo que fue un proceso que se tuvo que realizar en diferentes ocasiones para intentar entregar un producto de calidad a las personas que realizarían las pruebas. También, se dificultó mucho medir la cantidad de color caramelo a utilizar, obteniéndose así, una bebida que no se asemejaba a la bebida comercial,

proceso que también se debe mejorar puesto que la diferenciación entre ambas bebidas era notoria.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Basados en el proyecto “Evaluación teórica de endulzantes para reemplazar el azúcar en bebidas carbonatadas” (Camacho Moreno & Hernandez Acosta, 2021), ahí se mencionaba que la población universitaria presenta un consumo excesivo de bebidas gaseosas de tipo cola negra, lo que se derivan en un alza de las comorbilidades, y patologías relativas al consumo de azúcar, para este grupo poblacional. Este incremento se podía relacionar directamente con un consumo diario alto que, acompañado con un metabolismo que va disminuyendo su velocidad a medida que las personas van cumpliendo años, permitía observar cómo la población de 18 a 30 años cada vez presentaba un índice de masa corporal en los rangos de sobrepeso u obesidad. Adicionalmente, dentro de este estudio se puede considerar la disminución de la actividad física, producto de los 2 años de la pandemia Covid-19, que ayudaron a incrementar aún más los niveles de obesidad y, por tanto, el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, diabetes, hipertensión arterial, entre otros.

Por otra parte, relativo a la formulación utilizada en el proyecto, donde los resultados indicaban que la Stevia tenía un sabor muy invasivo al paladar del consumidor, se plantea realizar un ajuste partiendo, en un primer momento, por variar la proporción de Stevia - azúcar o, mediante la utilización de otros edulcorantes para evitar este sabor residual que se mencionaba de manera reiterativa en las pruebas. Luego, otro de los problemas experimentales que se presentaron fue durante el proceso de carbonatación, puesto que la metodología utilizada era casera o artesanal, por lo que se espera realizar un mejoramiento al proceso y así evitar fugas del gas o que el recipiente donde se realiza el procedimiento pueda estallar debido a las altas presiones.

3. JUSTIFICACIÓN

Como la intención de este nuevo proyecto es realizar un mejoramiento del proyecto anteriormente mencionado, en un primer momento, se plantea realizar un estudio multivariado para analizar la aceptación del público, sabiendo que la formulación presenta potencial significativo para convertirse en una nueva bebida predilecta para el rango poblacional seleccionado, donde se analice sabor, color y gasificación. Entonces, haciendo un ajuste en la formulación, surge la necesidad de elaborar una bebida que sea capaz de satisfacer el consumo de los estudiantes universitarios, teniendo un sabor agradable, pero reduciendo el impacto que estas generan en la salud. Por ello, la formulación debe .

Además, el color obtenido en la experimentación del proyecto citado no es lo suficientemente oscuro como para compararse con una bebida gaseosa de cola negra comercial, entonces, a partir de un estudio de espectrofotometría UV se espera poder conocer cuál es la cantidad necesaria de color caramelo para dar la coloración característica a la bebida. Y, finalmente, el mejoramiento en el proceso de carbonatación para poder entregar al cliente un producto de calidad, que cuente con las cantidades de CO₂ necesarias para ser una bebida capaz de competir con las existentes en el mercado.

La intención es mejorar el diseño inicial de una bebida de cola negra, endulzada con Stevia, que sea capaz de ajustarse a los requerimientos del público objetivo, presentando altos niveles de aceptación con respecto a los parámetros de sabor, color y contenido de CO₂, y tomando en consideración los parámetros de salud obtenidos por el proyecto "Evaluación teórica de endulzantes para reemplazar el azúcar en bebidas carbonatadas" (Camacho Moreno & Hernandez Acosta, 2021), para que de esta forma pueda competir en un mercado que tiene marcas ya consolidadas por su tradición y éxito.

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un proceso de producción para una bebida gaseosa baja en azúcar que se ajuste a los requerimientos de la población universitaria

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Plantear el proceso de producción de gaseosa de forma experimental buscando estandarizar el azúcar y el color de acuerdo a los requerimientos del mercado colombiano actual.
- Validar la formulación obtenida de manera experimental mediante una evaluación sensorial por consumidores e instrumental comparando la relación de los parámetros evaluados.
- Proponer el diseño de fabricación de la bebida a nivel industrial mediante un programa de simulación de procesos.

4. HIPOTESIS

En la actualidad, cada vez es más común encontrar en el mercado diferentes bebidas que empiezan a incluir Stevia dentro de sus ingredientes, pero estas tienden a ser de sabores como: manzana, limón, frutos rojos, entre otros, pero ¿son realmente estos sabores los principales a elegir por la población universitaria? Partiendo de la experiencia personal, cuando te encuentras frente a una variedad de opciones de bebidas para complementar una comida o determinado momento de la rutina, lo más probable es que escojas una de las bebidas de cola negra de las grandes marcas reconocidas, entonces, por qué no hacer un foco, y mejoramiento, en las bebidas previamente mencionadas. Además, si bien las bebidas de cola negra, en su mayoría, tienen una presentación “light” y “Zero” calorías, estas no representan el grueso del consumo de los estudiantes universitarios puesto que, a esa edad, no se tiene una conciencia desarrollada de lo que el alto consumo de azúcares puede representar. Entonces, en vez de considerar hacer atractivos los sabores que ya incluyen Stevia que, adicionalmente, tienen escasa aceptación porque presentan un sabor residual y siguen conteniendo azúcar en su formulación a pesar de afirmar lo contrario, se plantea el mejoramiento de la formulación 25% Stevia - 75% azúcar del proyecto “Evaluación teórica de endulzantes para reemplazar el azúcar en bebidas carbonatadas” para así presentar una bebida atractiva que pueda obtener mejores niveles de aceptación en la población universitaria y, por tanto, un impacto positivo en los indicadores de salud recopilados por el proyecto anterior.

5. MARCO TEÓRICO

EN BOGOTÁ, SALUD PRE-PANDEMIA

En 2015, un estudio analizó los patrones de consumo de gaseosas en un grupo de universitarios de Bogotá y logró relacionar el aumento de ingesta de bebidas carbonatadas con el aumento de los perfiles lipídico-metabólico y los niveles de adiposidad. (Ramírez-Vélez et al., 2015).

También, en 2017, un grupo de investigadoras en Bogotá analizó el comportamiento de un grupo de ratas al ser sometidas al consumo de bebidas de cola negra, normal y light. Lograron concluir que los grupos que consumieron gaseosas presentaron un incremento en su peso y aumento en la ansiedad. (Eslava-González et al., 2019).

Luego, extrayendo datos actualizados para el año 2020 de SALUDATA, se indica que, para la población entre 5 y 17 años de Bogotá, hay una tendencia ascendente al exceso de peso. (SaluData, 2020a). Esto se puede deber a conductas sedentarias o consumo excesivo de alimentos procesados y con exceso de calorías. Además, específicamente en la población de 5 a 9 años, se observa que los casos de prevalencia de obesidad también poseen una tendencia ascendente, lo relacionan también con ambientes familiares que promuevan este tipo de comportamientos sedentarios o de consumo de alimentos súper calóricos y procesados. (SaluData, 2020b).

Por otra parte, en la población bogotana de menores de 70 años, se ha observado una tendencia a la baja con respecto al número de muertes por Diabetes. (SaluData, 2020c). Si bien es una tendencia alentadora, no es una referencia a los casos activos, que tiene una tendencia al incremento, al igual que el consumo de gaseosas. Es relevante mencionar que para los años 2016, 2017 y 2018, dentro del top 10 de mayores causas de deceso para el distrito, la diabetes se mantuvo en la posición 7. Y, haciendo un foco al grupo etario de 15 a 44 años, si bien no se menciona dentro de las principales causas de mortalidad, al visualizar el siguiente grupo (45-59) se puede observar un incremento en el número de personas afectadas por esta enfermedad, además de que son los hombres quienes presentan unos números más altos en la estadística en comparación con el género femenino. (SaluData, 2016).

EN BOGOTÁ, SALUD E INACTIVIDAD FÍSICA (PANDEMIA Y POSTPANDEMIA)

Por otra parte, el año 2020 y 2021, la ciudad de Bogotá, y el resto del mundo, se vio obligado a encerrar a sus ciudadanos por más de 6 meses, en los cuales, la reducción de la actividad física fue casi total. Si bien algunos intentaron realizar

algún tipo de ejercicio en casa, fue la vasta mayoría la que cambió en 180 grados su modo de vida y dejó de lado cualquier tipo de actividad que pudiera realizar. Por ello, acompañado por un consumo mayor de alimentos, promovido por un ritmo de vida más sedentario.

Esto se puede evidenciar, nuevamente, en los registros de SALUDATA, en los que se observa una tendencia creciente a la inactividad física desde el año 2017. Teniendo en consideración que, según los niveles de ingreso de la población, estos tienen mayor oportunidad de realizar actividad física al aire libre o en gimnasio. (SaluData, 2017). Adicionalmente, en los niños entre 5 y 17 años, fue durante el año 2020 donde se presentaron los picos más altos de delgadez pero también de sobrepeso, alcanzando un IMC promedio de 29,3. Es importante resaltar también, que en el año siguiente al inicio de la pandemia, hubo una reducción significativa en el índice de desnutrición mientras que el de exceso de peso casi se mantuvo al mismo nivel. (SaluData, 2020a).

Entonces, haciendo un foco en la población objetivo, que se encuentra en el grupo etario de 18 a 24 años, según datos extraídos de SaluData, para el distrito, el 66% de la población se encontraba dentro de los parámetros de obesidad y sobrepeso. Un indicador que ha ido en crecimiento desde el año 2017. (SaluData, 2022). En un primer momento, se planteaba que esto podría ir acompañado de un mejoramiento de la capacidad adquisitiva de las personas y la reducción de los niveles de pobreza pero, ha sido el permanecer 2 años en casa lo que ha impulsado también a que este indicador se mantenga en la tendencia de crecimiento que trae.

EDULCORANTES ALIMENTARIOS

Los edulcorantes son aditivos alimentarios que se utilizan para aportar dulzor a los alimentos durante la fase de producción o en casa, como edulcorante de mesa. Se caracterizan por ser de alta intensidad y bajos en calorías, de modo que su consumo se realice en pequeñas cantidades y así no afectar la salud del consumidor. Son sustancias que se encuentran reguladas por la FDA en Estados Unidos y la EFSA en Europa, quienes se encargan de hacer evaluaciones rigurosas previas a autorizar su comercialización. (European Food Safety Authority, 2020).

Se pueden clasificar en dos grandes grupos, los artificiales: aspartame, acesulfame K, ciclamato, sacarina, sucralosa, entre otros. Y los naturales: Stevia, monk fruit, brazeina, miralina, eritritol, etc (Plataforma de Innovación Tecnológica ITAL, 2021).

Entonces, basados en la formulación del proyecto “Evaluación de endulzantes para reemplazar el azúcar en bebidas carbonatadas”, se toma en consideración la Stevia como uno de los principales endulzantes a utilizar para el mejoramiento

y escalamiento de esta. Por ello, se hace un enfoque en conocer las propiedades de la Stevia.

- Stevia Rebaudiana

La Stevia es una planta del tipo arbusto, nativa de Sudamérica, utilizada por los pueblos indígenas como endulzante no calórico. Comercialmente se puede encontrar en polvo o líquido. De las hojas de Stevia se extraen diferentes números de glucósidos, quienes son los encargados de darle el poder edulcorante y sabor característico a este endulzante. (“Herbal Safety: Stevia,” 2021)

Dentro de las propiedades fisicoquímicas de la Stevia a tomar en consideración tenemos:

- Índice Glicémico: 0
- Ingesta Diaria Admisible (IDA): 4 mg/kg de peso corporal
- Poder Edulcorante: 300 – 400
- Toxicidad: En el 2010, la EFSA realizó una serie de evaluaciones en animales y humanos donde probó que la Stevia Rebaudiana no estaba relacionada a enfermedades carcinogénicas, genotóxicas o toxicidad reproductiva o de desarrollo. Sin embargo, también mencionan que tanto adultos como niños están expuestos a tener un consumo mayor a la IDA. (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food, 2010).

PRODUCCIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS

La producción de bebidas gaseosas se hace en una planta especializada donde se siguen una serie de operaciones y procesos sistematizados, estos se pueden describir como: recepción, pesaje y almacenamiento de la materia prima, cocción, filtrado, enfriamiento, almacenamiento de producto, mezclado en 2 etapas, enfriamiento del producto final, carbonatación, embotellado, codificación, etiquetado, embalaje y despacho.

- Recepción, pesaje y almacenamiento de materias primas: una vez se recibe el camión en la planta, se hace la recepción y descargue de los insumos. Allí, se debe verificar que la materia se encuentre en óptimas condiciones. Luego, se procede a distribuir las materias a dos áreas: fría y seca. En el área fría se almacenan los saborizantes y los colorantes mientras que en la seca se almacena todo lo relativo a preservantes, acidulantes, papel filtrante y material de empaque.
- Cocción: durante este proceso, se trasladan las materias primas al área de jarabes, donde se realiza la primera preparación. El jarabe se hace a partir de agua tratada, azúcar, preservantes y acidulantes. Esta mezcla

debe ser homogenizada y calentada hasta lograr una reducción que se denominará “Jarabe Simple”. Esta solución incolora sirve de base para todas las gaseosas de diferentes sabores que se puedan producir en una planta.

- Filtrado: aquí, se procede a remover las impurezas que puedan estar presentes dentro del jarabe simple. Entonces, para el caso de esta planta en Guayaquil, la solución se hace pasar por un filtro prensa de 46 placas que cuenta con papel filtro entre cada una de ellas. Adicionalmente, se pueden añadir soluciones filtrantes que ayuden al proceso para obtener un jarabe lo más clarificado posible.
- Enfriamiento: este proceso se hace con la intención de disminuir la temperatura del jarabe simple para poderlo almacenar posteriormente. A través de intercambiadores de calor de 13 placas se logra la reducción de 35°C.
- Almacenamiento: luego del enfriamiento, el jarabe se bombea a tanques donde permanecerá entre 24 y 36 horas.
- Mezclado 2 etapas: En la etapa 1, al jarabe simple se le agregan los colorantes y saborizantes correspondientes a la bebida que se desea obtener, y así, se genera la salida del “jarabe terminado”. Luego, durante la etapa 2, se le agrega agua tratada al jarabe y así, se obtiene la bebida, sin gas, que deberá pasar por el proceso de carbonatación.
- Enfriamiento: se busca reducir la temperatura de la mezcla hasta los 3°C de modo que se pueda facilitar el proceso de inyección de CO₂
- Carbonatación: esta es una operación que se hace en conjunto mediante la utilización de un equipo llamado “CarboCooler”, donde se dosifica el agua tratada con el jarabe terminado. A esta mezcla se le hace la inyección de gas y, posteriormente, la bebida pasa a la llenadora.
- Embotellado: la bebida es envasada en botellas PET o vidrio, que previamente fueron lavadas con agua tratada. Este proceso se hace luego de que la bebida carbonatada es recibida por la llenadora para ser introducida en las botellas y, finalmente, son selladas automáticamente con tapas de tipo rosca.
- Codificación y etiquetado: las botellas selladas son llevadas a un codificador láser para que se les graben las marcas respectivas de lote y caducidad.

Finalmente, las botellas se agrupan para poder ubicarlas en los pallets de distribución (Mera & Cedeño, 2012).

ANÁLISIS SENSORIALES EN ALIMENTOS

El análisis sensorial de bebidas y alimentos se hace a partir de un panel especializado en el que influyen las percepciones sensoriales y la calidad de los

alimentos en: apariencia, textura y sabor. (Mundaca Sigüeñas, 2015). Mundaca señala que para la elaboración de este panel sensorial es necesario tomar en cuenta diferentes metodologías dependiendo del objetivo del área de calidad. Estas metodologías se clasifican en:

- Percepción sensorial: a partir de estímulos a la memoria, que retiene sensaciones específicas, de modo que se puedan detectar cambios. El orden en que el consumidor recibe estos estímulos es: visual, olfato, tacto, gusto y, por último, auditivo.
- Interacción gusto-olfato: se realiza mediante el estímulo de las células de boca y nariz.
- Interacción olfato-vista: normalmente, el producto que guste visualmente y tenga mejor olor influirá en la toma de decisión del consumidor. Este tipo de metodología puede fallar en el momento en el que uno de los sentidos del panelista se ve afectado.
- Calidad de los alimentos: el grado de excelencia de un alimento.
- Apariencia: se analiza la forma, tamaño, color, firmeza, brillo, entre otras características, de determinada materia prima o producto para la toma de decisión (aceptación o rechazo).
- Textura: se basa en aplicar presión, morder o masticar determinado alimento. Esta sensación puede cambiar por el almacenamiento, temperatura, orden de consumo, ... y debe ser tomado en cuenta a la hora de emitir un juicio.
- Sabor: es el conglomerado de estímulos que, interpretados por el cerebro, concluyen en una percepción subjetiva de determinado producto. En la actualidad, se utilizan saborizantes químicos con la intención de potenciar esta sensación y, así, aumentar el interés del consumidor.
- Evaluación sensorial de los alimentos: caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento o producto por parte del catador o consumidor. Este juicio se realiza a partir de las sensaciones y estímulos experimentados durante todo el proceso de consumo. Una vez descrito los procesos, cada empresa tiene sus propios parámetros de calidad para cada una de las bebidas o alimentos que allí se producen, por ejemplo, Pepsico tiene como puntos de control sensorial: azúcar líquido, edulcorantes, azúcar granulada, CO₂, agua tratada, bebida de control, agua de enjuague final y producto terminado. Un ejemplo de la labor sensorial que se realiza en cada planta de producción es Coca-Cola® quienes, recientemente, en pro de la salud lanzaron al mercado su bebida sabor original con la inscripción en la etiqueta "35% menos azúcar en comparación con la Coca-Cola sabor original". Es decir, lograron mantener sus sabores y estándares a pesar de reformular su receta.

- Análisis con panel entrenado: los tipos de prueba que se realizan con panel entrenado se pueden dividir en 2 grupos, las discriminativas y las descriptivas. En ambos casos, se debe contar con un jurado que sea capaz de identificar en los productos diferencias, bien sea de cómo son percibidos dos o tres productos, o, la naturaleza de sus diferencias. (Vargas et al., 2011). Para poder reclutar un panel capaz de realizar estas pruebas se debe tener en cuenta la norma ISO 8586:2012 donde, al reclutar el grupo de personas es necesario que cumplan con las características de tener: buena salud, actitud hacia los alimentos, interés y motivación y conocimientos y aptitudes para interpretar y expresar las sensaciones percibidas. Luego, estas personas son puestas a prueba, para seleccionar a los mejores del grupo para ser entrenados y validar su eficacia a partir de la norma ISO 11132:2012. (Flores, 2015).
- Análisis con consumidores: este tipo de análisis, también conocido como pruebas afectivas, sirve para determinar la aceptabilidad de consumo de un producto. Se hace con un número de mayor de participantes quienes expresan su opinión subjetiva. (Vargas et al., 2011). Según lo expuesto en la ISO 6658:2017, para las 5 pruebas a consumidores existentes, las poblaciones grandes deben estar compuestas de 30 o más personas para obtener resultados estadísticos significativos de la evaluación realizada. (Oficina Nacional de Normalización, 2017).

ANÁLISIS DE CALIDAD INSTRUMENTAL EN ALIMENTOS

El análisis químico de los alimentos se hace a partir de la química analítica, que es la rama de la ciencia que se encarga de dar las herramientas necesarias para determinar las sustancias, y las cantidades de estas, presentes en los alimentos. Para realizar estos procesos existen métodos clásicos, que incluyen la intervención de una reacción química, y los métodos instrumentales, estos son relativos a la utilización de instrumentos para realizar mediciones de propiedades fisicoquímicas. Dentro de los métodos instrumentales, se utilizan los análisis gravimétricos, para determinar un analito midiendo la masa o el análisis volumétrico para conocer la medida exacta del volumen de una solución que contiene suficiente reactivo para reaccionar completamente con un analito. (Méndez, 2020).

- Espectrofotometría: la utilización de este método permite identificar y cuantificar la cantidad de colorante presente en bebidas gaseosas. Esto se hace mediante el cálculo del espectro de absorción y la curva de calibración. A partir de esto, se espera poder establecer con mayor

claridad, la cantidad de colorante que se debe utilizar para obtener una bebida con una coloración semejante al de una bebida comercial. (Blandón, 2012).

- Grados Brix: la medición de grados brix se hace para conocer la concentración de solutos de azúcares presentes en una bebida. Para hacer esto, se agrega una pequeña cantidad de la solución en el prisma de un refractómetro y así, a partir de operar el dispositivo, se identifica la medición a partir de una escala. (Gokel, 2011). De esta forma, se puede identificar la concentración de azúcares presente dentro de una bebida comercial y en las muestras experimentales.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

En primer momento, basados en la formulación expuesta por el proyecto “Evaluación Teórica de Endulzantes para reemplazar el azúcar en bebidas carbonatadas”, se plantea hacer un estudio de diferentes combinaciones de edulcorantes, donde se pueda sacar un mejor provecho de las propiedades de la Stevia sin afectar de manera significativa el sabor de las bebidas de cola negra. Este estudio se hace a partir de la utilización de bebidas comerciales que utilicen Stevia dentro de sus ingredientes y diferente material bibliográfico de bases de datos científicas como: Scielo, ScienceDirect, repositorios universitarios, entre otros. A las bebidas seleccionadas se planea realizarles un análisis piloto donde se pueda identificar ingredientes secundarios, además de niveles de carbonatación y color que puedan permitir conocer más el modelo de producto que se desea alcanzar. Adicionalmente, se debe analizar cuánto contenido de azúcar se va a manejar en la formulación, puesto se piensa partir de una formulación que cuenta con un 75% de azúcar con respecto a una bebida de sabor original. Entonces, se analizará grados brix de las bebidas previamente seleccionadas y así realizar el ajuste correspondiente.

Luego, se procede a la parte de experimentación dónde, con una formulación definida, y sus variantes, se deben realizar evaluaciones fisicoquímicas de la bebida a partir de instrumentos: espectrofotómetro UV y refractómetro que nos permitan conocer los niveles de color, grados brix y gasificación presentes en las muestras para verificar que las formulaciones son capaz de semejar una bebida de cola negra comercial. De esta forma, se podrá caracterizar cada una de las muestras fisicoquímicamente, mediante la utilización de los laboratorios provistos por la Universidad ECCI para el desarrollo estudiantil.

Se plantea una formulación con los siguientes parámetros para cada uno de los ingredientes, comparando con la original:

	Reducido 25% - azúcar	Nueva formulación
Azúcar	25,16g	15,16g
Stevia	1,935g	0,014g
Sucralosa		0,0375g
Ácido cítrico (al 75%)	0,2 ml	0,2 ml
Goma arábica	4 ml	4 ml
Aceite de lima	0,25 ml	0,25 ml

Extracto de vainilla	3,5 ml	3,5 ml
Extracto de hoja de coca	1 ml	1 ml
Cafeína	0,034 ml	0,034 ml
Color caramelo	0,4 ml	0,75 g
Agua	417,5 ml	417,5 ml

Tabla 1: formulación planteada. Fuente: Elaboración propia

Y para la prueba de color, se hicieron 3 muestras dentro de un rango de 0,10g a 0,35g de color caramelo para definir los niveles de absorbancia que más semejaran los de una bebida de cola negra comercial.

Nro. Muestra	1	2	3	4	5	6
Cantidad de Color Caramelo	0,10g	0,15g	0,20g	0,25g	0,30g	0,35g

Tabla 2: Relación de muestras a tomar para pruebas de espectrofotometría. Fuente: Elaboración propia.

Después, obtenidas las bebidas y su caracterización, se procede a realizar un análisis sensorial a consumidores, enfocado a la población universitaria, donde se les pedirá comparar ambas bebidas tomando en cuenta las variables: color, sabor y grado de gasificación.

Finalmente, a partir de los datos de la caracterización experimental de las bebidas y los resultados del análisis sensorial a consumidores, se plantea evaluar las preferencias del público haciendo una correlación entre las formulaciones y las respuestas obtenidas. Y, haciendo el cruce de la información, determinar la mejor formulación para la bebida y realizar un escalamiento para conocer cómo sería su desarrollo dentro de una planta de producción. Esto se hace mediante la utilización del Software FlexSim, para modelado y simulación en 3D, donde se hace un diseño de la planta, el ingreso de materias primas, simulación de la fabricación por cada uno de los equipos y maquinaria involucrada, y despacho de producto terminado para un lote de 100mil unidades comerciales de 500ml. Esto con el fin de poder identificar e inferir diferentes características inherentes de la producción del producto.

7. RESULTADOS

Para proceder con el ajuste a la formulación inicial, se utilizó como base los comentarios y resultados obtenidos en la evaluación sensorial de consumidores del proyecto “Evaluación Teórica de Endulzantes para reemplazar el azúcar en bebidas carbonatas”, sabiendo que la composición de azúcares que se iba a añadir respetaría el 25% Stevia – 75% azúcar y, teniendo en consideración los nuevos lineamientos del ministerio de salud colombiano y las nuevas etiquetas que se añadirían a los productos.

Entonces, se procedió a hacer un estudio comercial de bebidas azucaradas, carbonatadas o no, que contaran con estas nuevas etiquetas. Como para el mes de julio, los productos apenas estaban iniciando este proceso y, se dificultó un poco el poder conseguirlos, se utilizó la información de productos de Chile, quienes, dentro de su tabla nutricional, contaban con la proporción de edulcorantes que utilizaban en la bebida. En los anexos se encuentran las etiquetas donde es notorio que las bebidas de cola negra comerciales utilizaban sucralosa y que era conveniente hacer una mezcla de este con la Stevia.

Teniendo en cuenta también, los lineamientos del proyecto de impuestos a bebidas gaseosas se quiso mantener la cantidad de azúcar añadida debajo de los 30g por cada 100ml.

En un primer momento, se hizo el proceso de experimentación con la siguiente combinación de ingredientes. Que fue planteada primeramente en el diseño metodológico:

	Nueva formulación	Para 1L
Azúcar	15,16g	30,32g
Stevia	0,014g	0,028g
Sucralosa	0,0375g	0,0750g
Ácido cítrico (al 75%)	0,2 ml	0,4 ml
Goma arábica	4 ml	8 ml
Aceite de lima	0,25 ml	0,5 ml
Extracto de vainilla	3,5 ml	7 ml
Extracto de hoja de coca	1 ml	2 ml
Cafeína	0,034 ml	0,068 ml
Color caramelo	0,75 g	1,5g
Agua	417,5 ml	835 ml

Tabla 3: Primera formulación utilizada para experimentación. Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, se hizo una lectura con espectrofotómetro de diferentes mezclas de color caramelo y agua para conocer cuál sería la cantidad requerida para igualar el color de una bebida de cola negra comercial. Esto se hizo calculando una curva de calibración a partir de la absorbancia de las muestras y teniendo como curva patrón los resultados de una muestra de Coca-Cola Sabor Original

La escala de colores de las muestras tomadas ese día se presentan a continuación:



Figura 1: Laboratorio de Escala de Colores y Espectrofotometría. Fuente: Registro fotográfico personal

Se usó como referencia una longitud de onda de 520 nm debido a que el color caramelo posee mejor respuesta a esta. Obteniendo los siguientes valores para las muestras realizadas:

Muestra N°	Cantidad de color g	Absorbancia	Longitud de onda
1	0,10	0,879	520
2	0,15	0,886	520
3	0,20	1,204	520
4	0,25	1,624	520
5	0,30	1,803	520
6	0,35	2,091	520
Coca-Cola		0,892	520

Tabla 4: Análisis de muestras para determinar cantidad de color caramelo. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una gráfica para determinar la ecuación de la recta donde se obtiene lo siguiente:

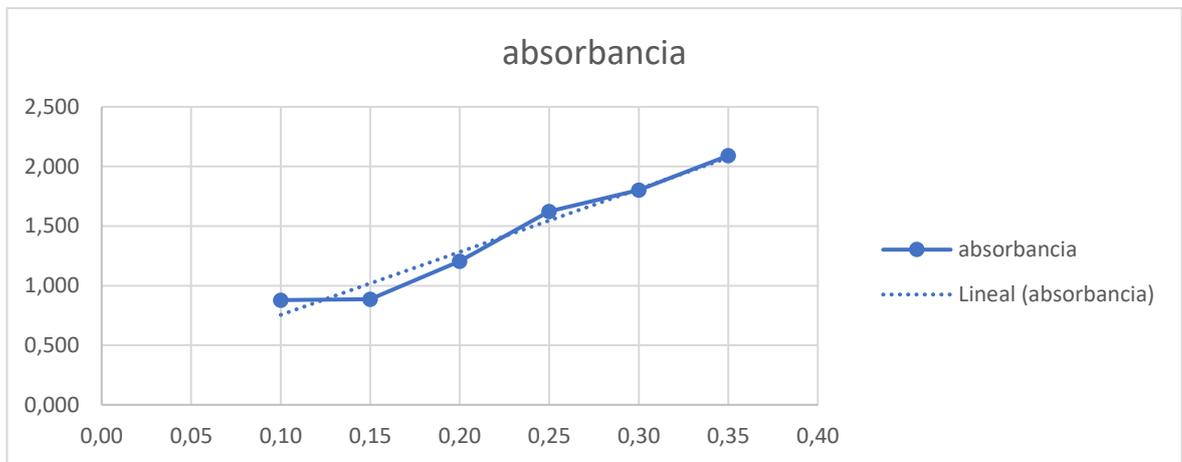


Gráfico 1: Curva de absorbancia de color caramelo. Fuente: Elaboración propia.

Ecuación de la recta:

$$y = 5,2749x + 0,2277$$

Donde se despeja la variable x para determinar la cantidad en gramos de color caramelo por cada 100 ml de Coca-Cola, es decir:

$$x = \frac{y - 0,2277}{5,2749}$$

Se sustituye y por el valor de absorbancia de la Coca-Cola, obtenido de manera experimental, y se obtiene:

$$x = \frac{0,892 - 0,2277}{5,2749}; \frac{0,6643}{5,2749} = 0,126 \text{ g}$$

Esto significa que, por cada 100 ml de Coca-Cola Sabor Original se tiene un valor aproximado de 0,126 g de color caramelo que en unidades de concentración es de:

$$PPM = \frac{0,126}{100} * 10^6 = 1260 \text{ PPM}$$

Luego, se hizo un testeó entre los participantes del proyecto de la nueva bebida obtenida, donde se determinó que la concentración de azúcar era muy baja puesto que la bebida dejó de tener su dulzor característico.

Adicionalmente, durante este experimento también se hizo una evaluación para el proceso de carbonatación. El concentrado se mezclaría utilizando agua gasificada y soda en vez de agua destilada, esto con la intención de conocer cuánto tiempo sería capaz de mantener la gaseosa su característica sensación "burbujeante".

Se presentan las imágenes de la experimentación realizada en laboratorio:



Figura 2: Comparación de ingredientes para mejorar niveles de gasificación casera. Fuente: Registro fotográfico personal

(La muestra de la derecha fue diluida con agua con gas y la de la izquierda con soda comercial, por ello, a la de la izquierda se le pueden observar pequeñas burbujas en la parte superior posterior a su sellado).

A partir de estos resultados, se procedió a realizar el ajuste final a la formulación, obteniendo así los siguientes valores:

	F. Inicial 25% - azúcar	F. Final 25% - azúcar	Para 1L
Azúcar	25,16g	25,16g	50,32g
Stevia	1,935g	0,014g	0,028g
Sucralosa		0,04g	0,08g
Ácido cítrico (al 75%)	0,2 ml	0,2 ml	0,4 ml
Goma arábica	4 ml	4 ml	8 ml
Aceite de lima	0,25 ml	0,25 ml	0,5 ml
Extracto de vainilla	3,5 ml	3,5 ml	7 ml
Extracto de hoja de coca	1 ml	1 ml	2 ml
Cafeína	0,034 ml	0,034 ml	0,068 ml
Color caramelo	0,4 ml	-	-
Agua	417,5 ml	417,5 ml	835 ml

Tabla 5: Formulación bebida final. Fuente: elaboración propia

No obstante, se hicieron 2 muestras, una que contenía 1,5g de color caramelo y la otra 3,0g. Debido a que se deseaba concentrar lo mayor posible las bebidas y así, de esta forma poder decidir finalmente cuál de las concentraciones nos

entregaba la sensación visual de una bebida de cola negra. Para añadir el color en cada una de las muestras, se mezclaron previamente con 50ml de agua destilada y se añadieron a cada una de las mezclas para su posterior evaporación.



Figura 3: Comparativa de bebidas terminadas con 1,5g y 3,0g de Color Caramelo. Fuente: Registro fotográfico personal

(A la izquierda, la bebida con 1,5 g de color caramelo, donde se apreciaba mayor paso de luz a través del líquido. A la derecha, la bebida con 3,0 g de color, que presentaba mayor semejanza a la bebida comercial. Esta última fue la utilizada para las pruebas con consumidores).

Luego, las muestras estuvieron, aproximadamente, 2 horas en plancha de calentamiento hasta que se redujeron a 300ml del contenido para luego almacenarse en botellas de vidrio para su posterior preparación.



Figura 4: Reducción de las muestras de 500ml a 300ml. Fuente: Registro fotográfico personal

Finalmente, se hace la mezcla de la bebida final con una proporción 1 a 5, añadiendo una parte de concentrado y cinco de bebida gasificada (soda breña). Obteniendo una bebida comercial que cumplía con los parámetros mínimos para compararse con una bebida de cola negra.

Posteriormente, se realizó una prueba hedónica a consumidores donde se debía establecer su opinión acerca del producto en una escala de 1 a 5 siendo 1: Extremadamente Desagradable y 5: Extremadamente agradable. Esta encuesta se hizo mediante formulario Google donde a cada uno de los participantes se le solicitaba ingresar nombre y apellido, correo electrónico, fecha de presentación de la prueba, respuesta sensorial y comentarios adicionales. El formato utilizado por los encuestado se puede encontrar en la sección de anexos de este documento.

De esta prueba se obtuvieron los siguientes resultados:



Gráfico 2: Resumen resultados prueba hedónica. Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico, permite evidenciar que la bebida resulta agradable al consumidor. Es decir, que se logró alcanzar una formulación gaseosa que puede ser favorable al cliente sin afectar variables del sabor. Sin embargo, hay que tener en consideración que, dentro de los comentarios adicionales de los usuarios de la prueba, se indicó que la muestra tenía bajos niveles de carbonatación y el sabor era comparable con uno “neutro” o con un sabor a vainilla muy invasivo.

Estos son factores a mejorar para poder conseguir un producto que pueda salir al mercado siendo competitivo.

Finalmente, se procede a diseñar y modelar el proceso de fabricación de la bebida basados en la formulación obtenida. Para ello, se debe tener en cuenta el procedimiento realizado en laboratorio donde se obtuvo el producto final con el que se hizo el test hedónico a consumidores.

Es importante entender que, para realizar una bebida de cola negra, esta se debe hacer en tres momentos: preparado aromático, concentrado y producto final. Teniendo esto en cuenta, se procede con la preparación de la bebida. Primero, se deben medir las cantidades de agua, goma arábiga, aceite de lima, extracto de vainilla y extracto de hoja de coca, estos ingredientes se mezclarán hasta obtener un líquido homogéneo que será puesto, en reposo, en un recipiente de vidrio mientras se preparan los materiales para la elaboración del concentrado.

Para el concentrado, se debe utilizar una plancha de calentamiento y un agitador, quienes se van a encargar de llevar la mezcla a ebullición para que esta se reduzca. Entonces, en el recipiente que estará en contacto con la plancha se añadirá agua, azúcar, cafeína, el preparado aromático, el ácido cítrico y el color caramelo, que estará previamente diluido en 100ml de agua, esto para evitar que queden residuos de color en el recipiente donde fue medido el contenido inicialmente. Esta mezcla que inicia con un volumen mayor a los 500ml se procede a calentar para eliminar el contenido de agua y se reduce hasta los 300ml.

Para generar la bebida final, se toma un recipiente de vidrio y se agrega el jarabe de cola negra, este se debe pesar para conocer cuánta soda se va a agregar a la mezcla, como la proporción es 1 a 5, por ejemplo, para realizar 1L de bebida, se deben agregar 167ml de jarabe y 835ml de soda (agua carbonatada). Esta bebida se debe sellar para que se mantenga la presión del gas o, en su defecto, prepararse para consumo inmediato, como es el caso del restaurante Lexington Candy Shop en Nueva York. (Lina, 2022).

Una vez establecido el proceso de preparación de la bebida, se presenta el diagrama de procesos diseñado para obtener una bebida gaseosa baja en azúcares enfocada en la población universitaria:

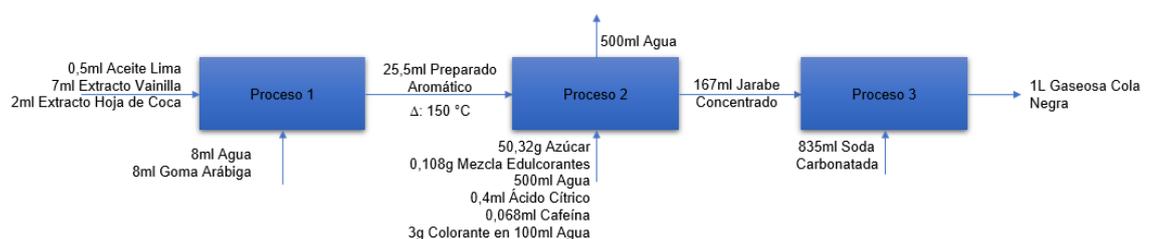


Figura 5: Diagrama de procesos con entradas y salidas (laboratorio). Fuente: Elaboración propia.

A partir de la experimentación realizada, se realiza un diseño del proceso con escalamiento industrial, incluyendo actividades de clarificación y carbonatación. A continuación, se presenta un diagrama de procesos con entradas y salidas con un lote de producción de 100.000 unidades de 500ml de gaseosa negra. Esto con la intención de realizar una simulación en el aplicativo FlexSim, donde se

presente el plano de la planta con las diferentes maquinarias a utilizar en el proceso, teniendo en cuenta, las normas para diseñar los espacios de una planta de procesamiento de alimentos.

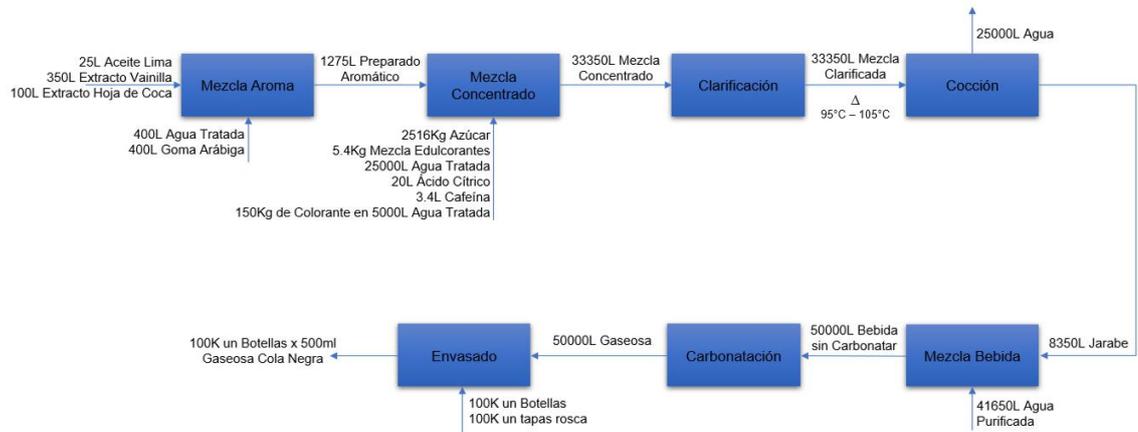


Figura 6: Diagrama de procesos con entradas y salidas (escalamiento). Fuente: Elaboración propia.

Luego, se presenta el plano general de la planta con los requerimientos mínimos para la realización del lote de 100.000 unidades de 500ml:



Figura 7: Diseño de la planta de fabricación de gaseosas. Fuente: Software FlexSim.

En el plano se presenta el ingreso de las materias primas, por un source de ingreso configurados para la recepción entre la 1am y las 3am de la madrugada.



Figura 8: Visualización de Source de ingresos. Fuente: Software FlexSim.

Este Source de ingreso, denominado “Entrada Mp”, recibe las materias primas según unas proporciones determinadas para poder contar con la cantidad necesaria para la realización de un lote completo. Por ello, se parametrizaron mediante la siguiente tabla de proporciones para realizar la asignación de colores y etiquetas en el software.

Configuración de etiquetas									
Tipo	Color	MP	Sabor	Color	Cantidad	Porcentaje	Queq	Color Rack	Num rack
Sabor	9	9	Extracto de vainilla	white	350	9,8%	1	Gray	1
Sabor	1	1	Aceite de lima	lime	25	0,7%	1	Red	2
Sabor	2	2	Extracto de H. coca	brown	100	2,8%	1	Green	3
Color	3	3	Goma arábica	Black	400	11,2%	1	Blue	4
Edulcorante	4	4	Azúcar	Silver	2516	70,5%	2	Yellow	9
Edulcorante	5	5	Stevia Rebaudiana	Gray	5,4	0,2%	2	Orange	5
Sabor	6	6	Ácido cítrico	Green	20	0,6%	3	Purple	6
Sabor	7	7	Cafeína	Yellow	3,4	0,1%	3	Lime	7
Color	8	8	Colorante	Red	150	4,2%	3	Pink	8
Total					3569,8				

Tabla 6: Configuración de etiquetas para ingreso de MP. Fuente: elaboración propia

A partir de los datos de la tabla, se realiza la parametrización del source de entrada. Entonces, se presentan los cuadros de información:

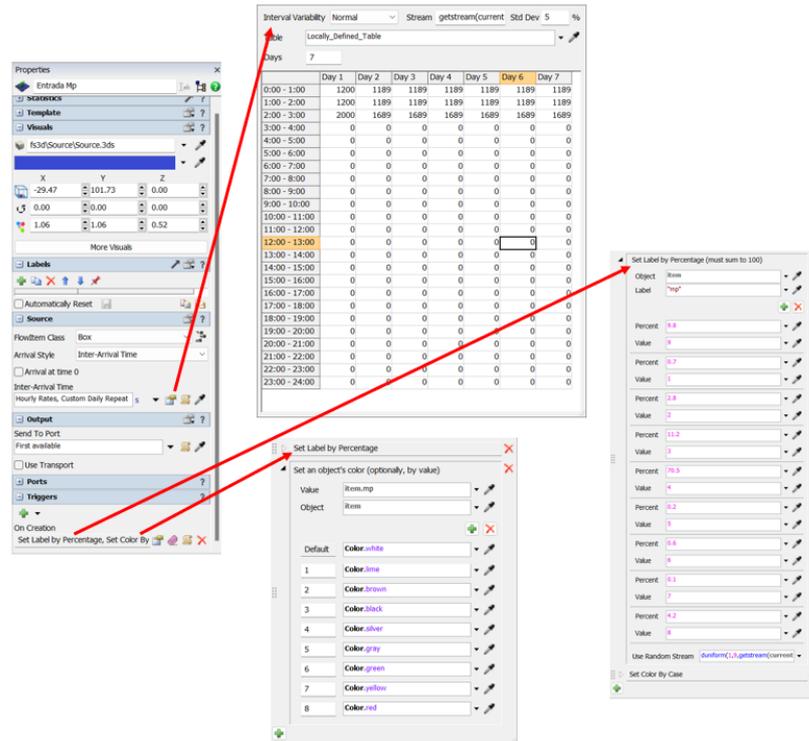


Figura 9: Parámetros de Source de ingresos. Fuente: Software FlexSim.

Teniendo en cuenta que la materia prima ingresa a planta por 3 puertos diferentes, se debe hacer un seccionamiento. Este se hace mediante una visualización de camiones, denominados MP_01 / MP_02/ MP_03:

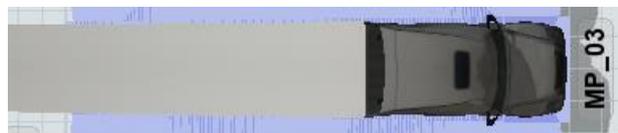


Figura 10: Visualización Seccionadores de MP. Fuente: Software FlexSim.

Esta asignación de puertos se hace teniendo en cuenta la tabla de configuración de etiquetas, donde a cada uno de los ingredientes se les asigna un "Queq" entre 1 y 3. Su parametrización en el software se ve de la siguiente manera:

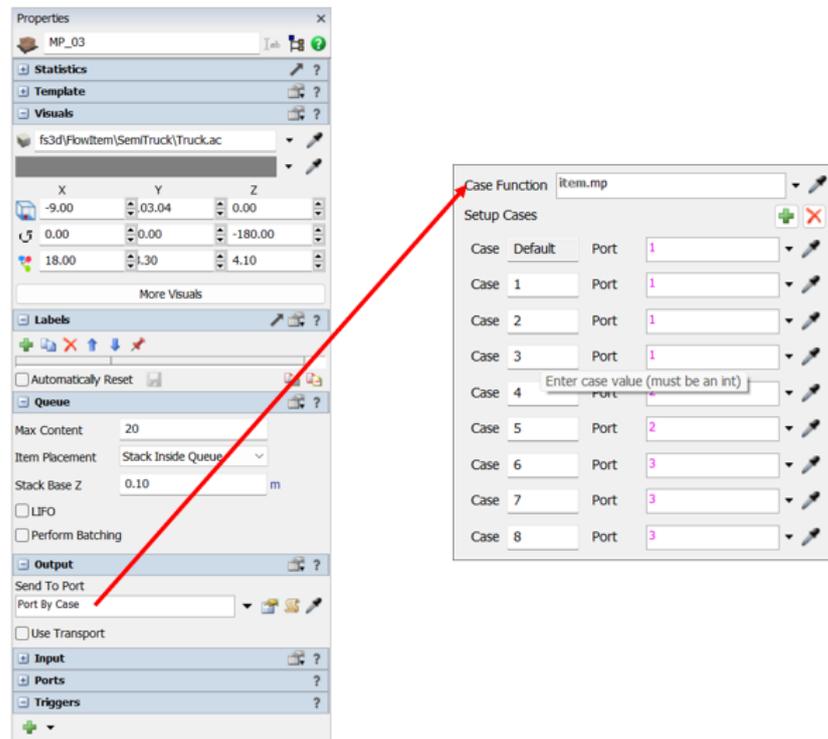


Figura 11: Parámetros de Seccionador de MP. Fuente: Software FlexSim.

Estas materias primas después de ingresar por el source y el seccionador, deben esperar en un “Queue” a que un montacarga ubique cada una de las cajas en el rack correspondiente. Dentro de la simulación se cuentan con 3 queues en la bodega de ingreso: MT_01/ MT_02 / MT_03.

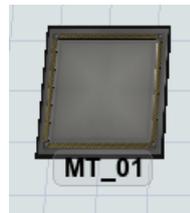


Figura 12: Visualización Queues de Bodega de MP. Fuente: Software FlexSim.

Este queue, fila en español, también se encuentra parametrizado para contener el máximo de 1000 unidades.

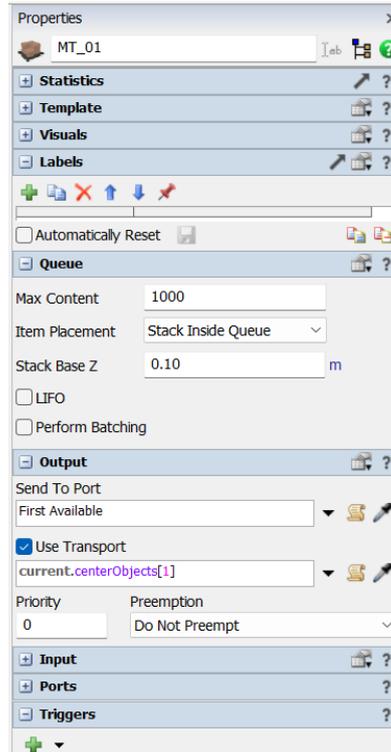


Figura 13: Parámetros de Queues de Bodega de MP. Fuente: Software FlexSim.

Luego, un dispatcher se encarga de movilizar los transportadores de carga para que realicen la recepción de las materias primas y la ubiquen, de manera organizada en cada uno de los racks.

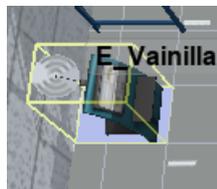


Figura 14: Visualización Dispatcher de ingreso a Bodega de MP. Fuente: Software FlexSim.

Este dispatcher, denominado D_BD_MPS, tiene una configuración que toma los queues como puertos centrales de búsqueda de material y unos montacargas como puertos de salida.

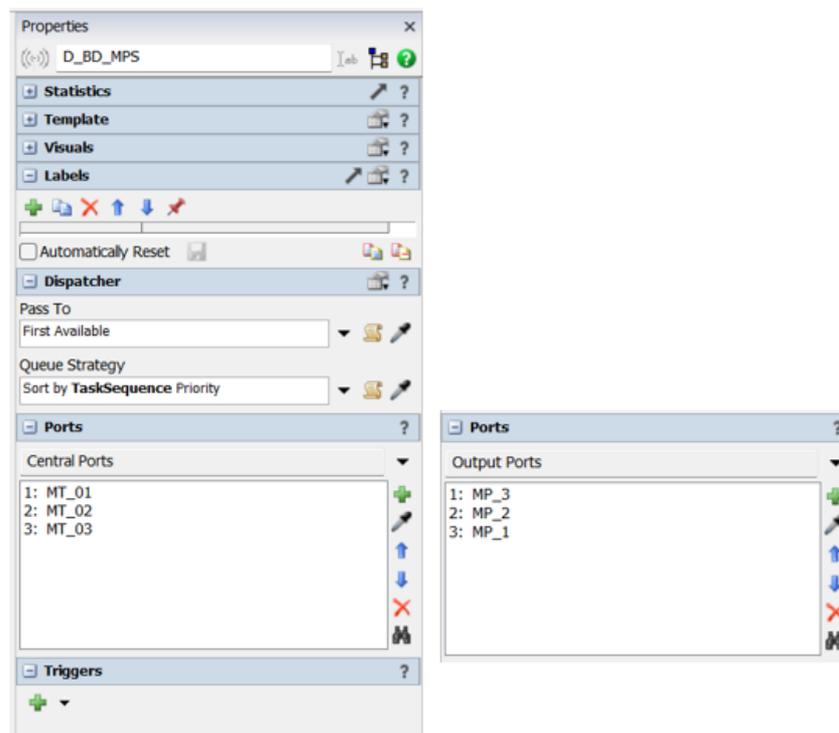


Figura 15: Parámetros de Dispatcher de ingreso a Bodega de MP. Fuente: Software FlexSim.

En general, los dispatchers tienen asociados unos montacargas como puertos de salida, entonces, en el área de bodega de materia prima se cuentan con tres transportadores de cargas:



Figura 16: Visualización Montacargas de Bodega de MP. Fuente: Software FlexSim.

Estos montacargas, MP_01/ MP_02 /MP_03, se parametrizan para tener una capacidad de 10 cajas, una velocidad de levantamiento de 1.00 m/s y una velocidad máxima de traslado de 4.00 m/s. Adicionalmente, deben estar asociados al dispatcher de bodega de materias primas para poder recibir la orden de búsqueda de materia al queue.

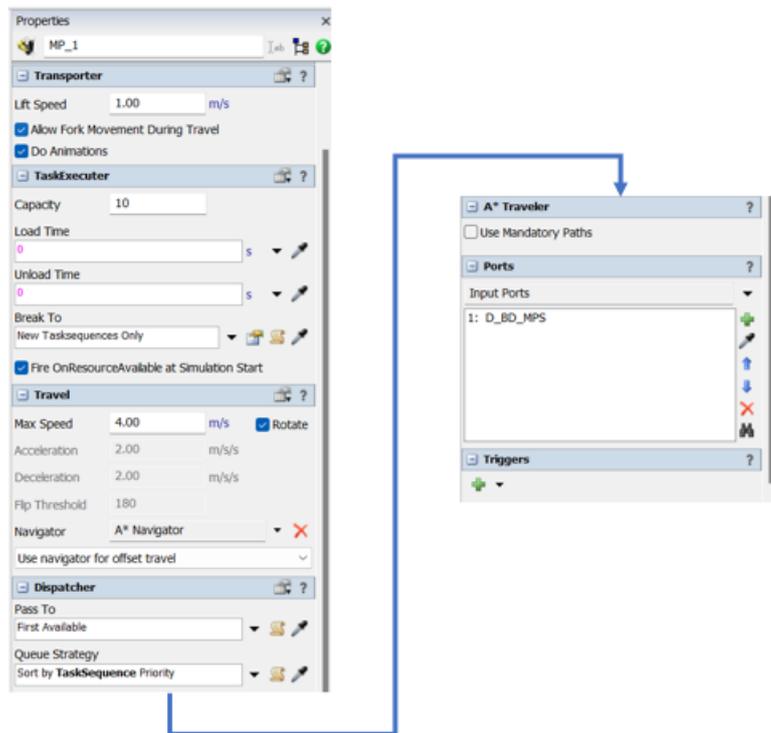


Figura 17: Parametrización Montacargas de Bodega de MP. Fuente: Software FlexSim.

Los racks de la bodega de materia prima están configurados para recibir los insumos según su tipo, es decir, a partir de la etiqueta asignada inicialmente. Se cuenta con 9 racks, cada uno configurado con un color diferente, pero todos con la misma parametrización de puertos de entrada y salida. Se debe tener en cuenta que el rack de la materia prima “Azúcar” es el más grande de los nueve descritos debido a que es el material que se recibe y utiliza en mayor proporción.

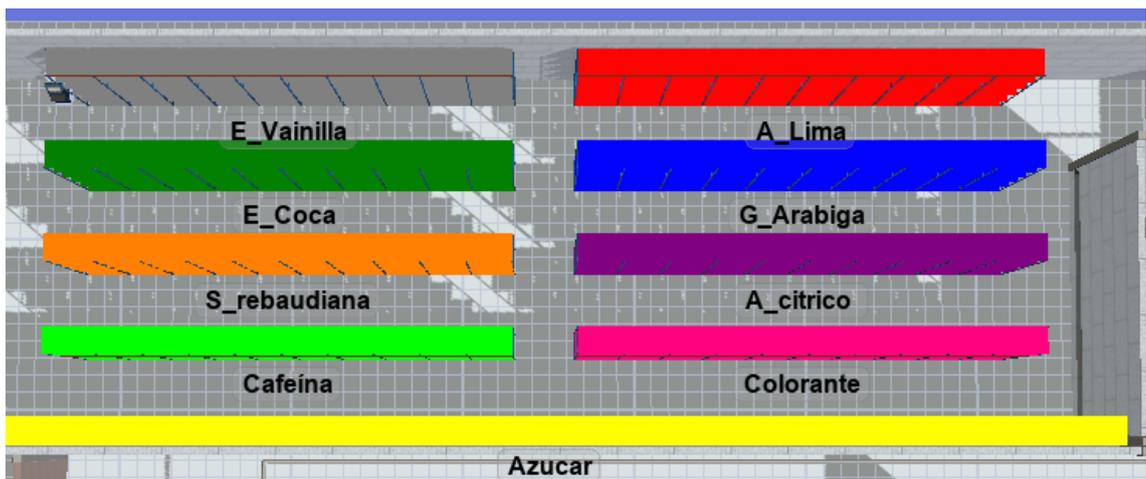


Figura 18: Visualización Racks de Bodega de MP. Fuente: Software FlexSim.

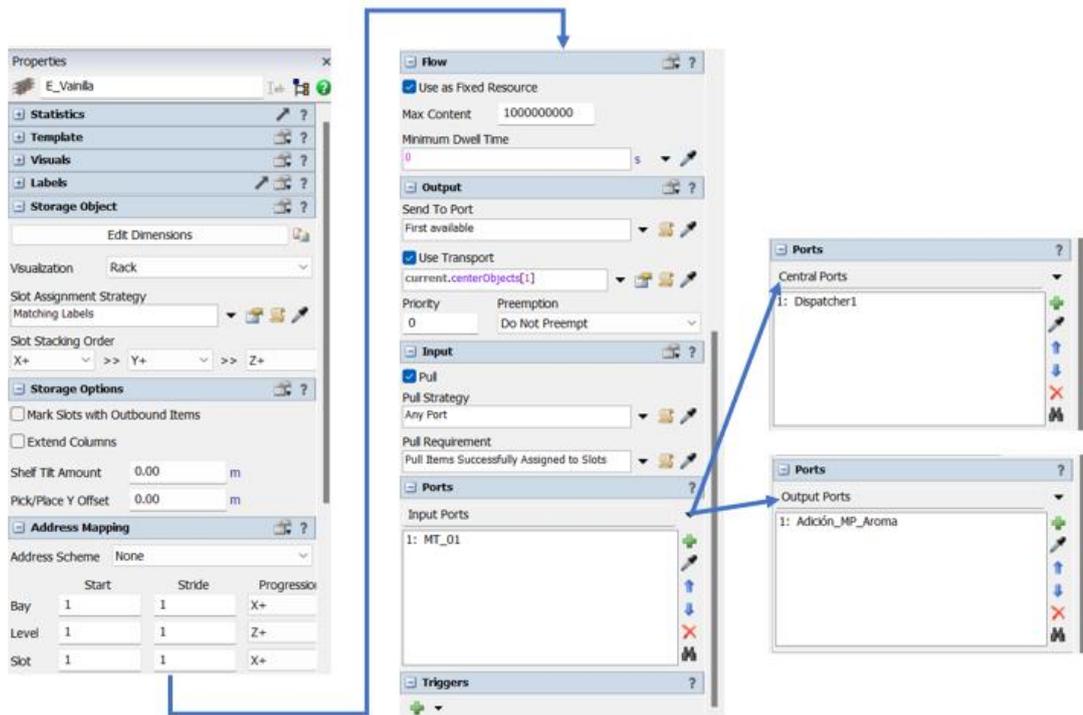


Figura 19: Parametrización Racks de Bodega de MP. Fuente: Software FlexSim.

Posterior a esta área están los tanques de agua purificada y de agua tratada, quienes a través de tuberías se conectan con las maquinarias que dan inicio al proceso.

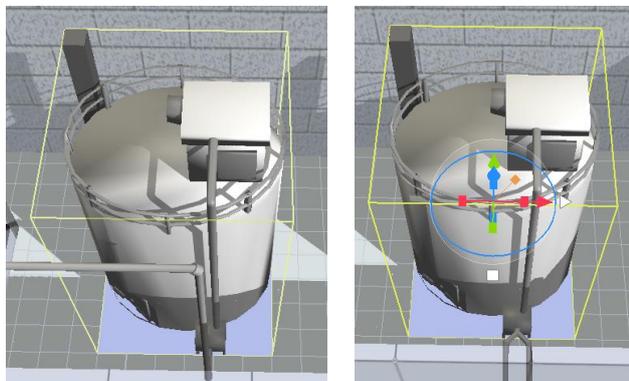


Figura 20: Visualización Tanques de Agua. Fuente: Software FlexSim.

(La imagen de la derecha corresponde al tanque (FluidGenerator) de Agua Tratada y la imagen de la izquierda al tanque (FluidGenerator) de Agua Purificada)

Cada tanque cuenta con su propia parametrización debido a que cada uno tiene diferentes tuberías asociadas a cada uno de ellos para poder realizar el proceso de la debida manera. Por ello, se presentan a continuación cada uno de los pantallazos detallando, principalmente, los puertos de salida asociados, el contenido inicial de cada uno, la capacidad máxima de volumen y el tiempo de demora para volver a llenarse. Este último parámetro varía para el tanque de

agua tratada puesto que este está continuamente rellenándose, tal como lo haría en una planta real.

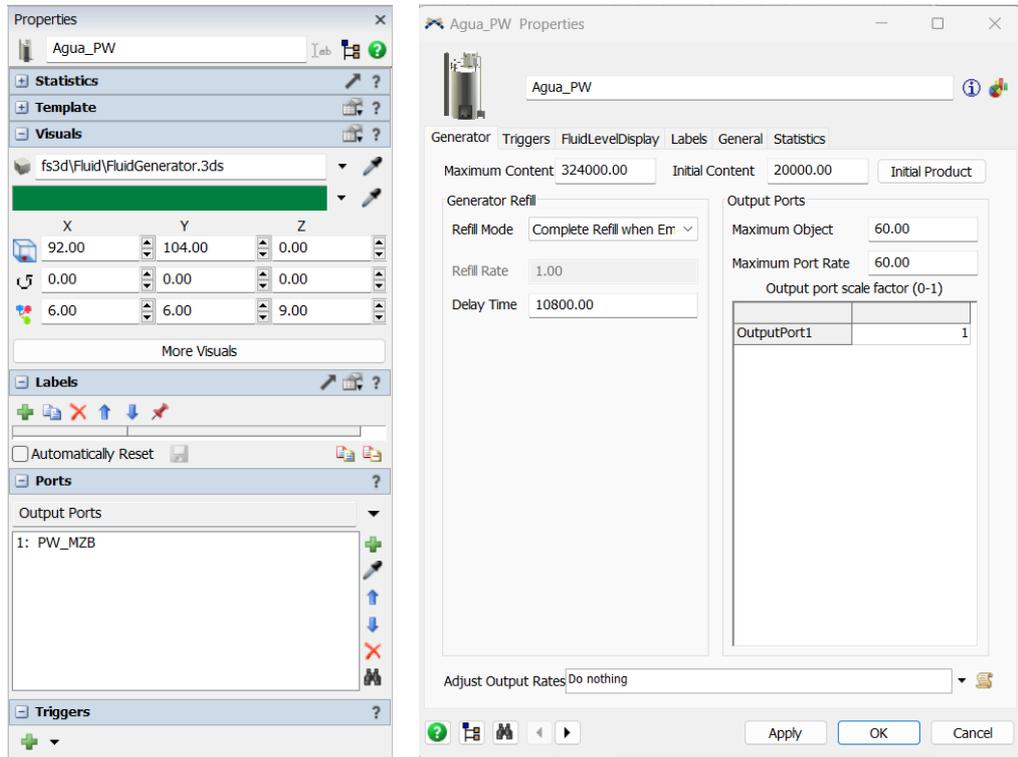


Figura 21: Parametrización tanque de Agua Purificada. Fuente: Software FlexSim.

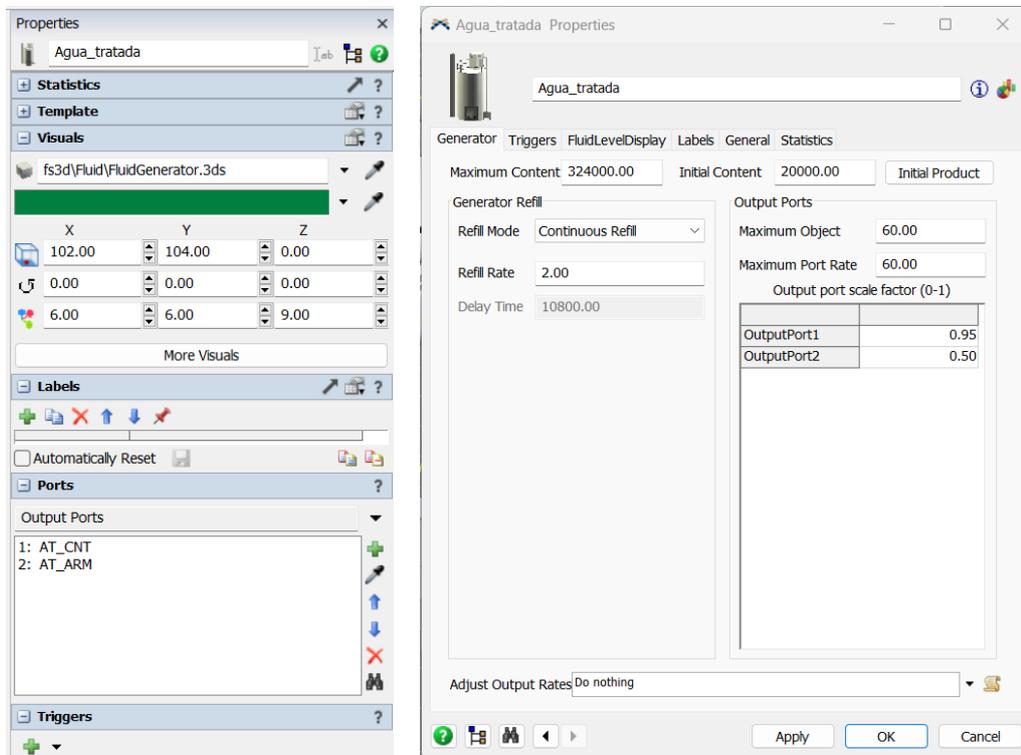


Figura 22: Parametrización tanque de Agua Tratada. Fuente: Software FlexSim.

Del tanque de agua purificada (PW) sale una única tubería que se conecta con el tanque mezclador de bebida, una de las partes más importantes en la elaboración del producto final, su visualización de conexión al tanque es la siguiente:

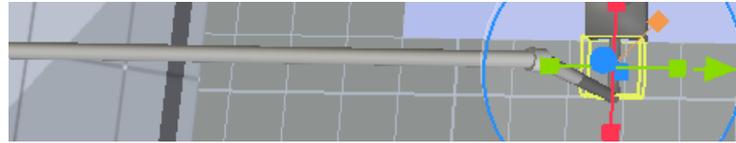


Figura 23: Visualización Tubería PW a Tanque Mezcla de Bebida. Fuente: Software FlexSim.

Este tubo, denominado PW_MZB, se encuentra parametrizado para contener, máximo 100 litros y un flujo máximo de 60 litros por segundo. Adicionalmente, los tubos están configurados para tener un diámetro de 0,20 metros.

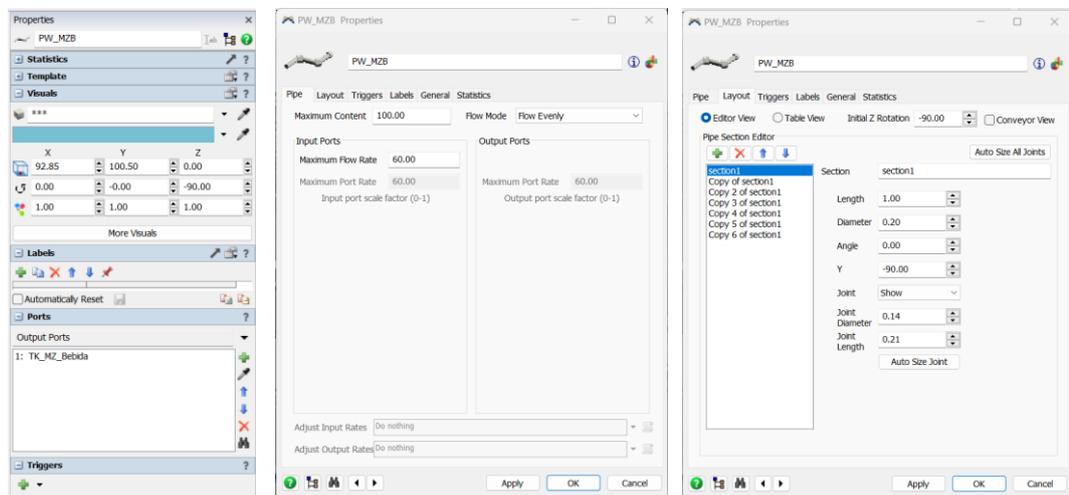


Figura 24: Parametrización Tubería PW a Tanque Mezcla de Bebida. Fuente: Software FlexSim.

Para el tanque de agua tratada se cuenta con dos tuberías de salida, la que se dirige al proceso de aroma, AT_ARM, y la que se dirige a la fabricación del concentrado, AT_CNT. Ambas se visualizan de la siguiente forma:

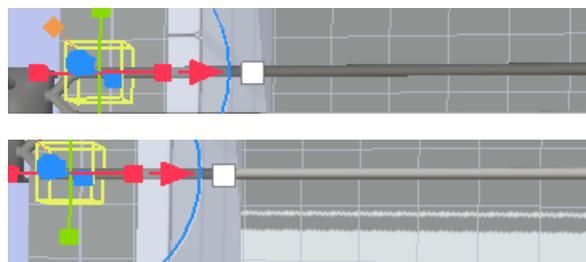


Figura 25: Visualización Tuberías Agua Tratada a Tanques de Aroma y Concentrado. Fuente: Software FlexSim.

(Esto debido a que salen en paralelo por una bifurcación)

Ambas tuberías cuentan con configuraciones similares, diferenciadas por sus puertos de salida (Aroma y Concentrado) y las longitudes que deben recorrer. Por ello, se presenta la parametrización de una de ellas.

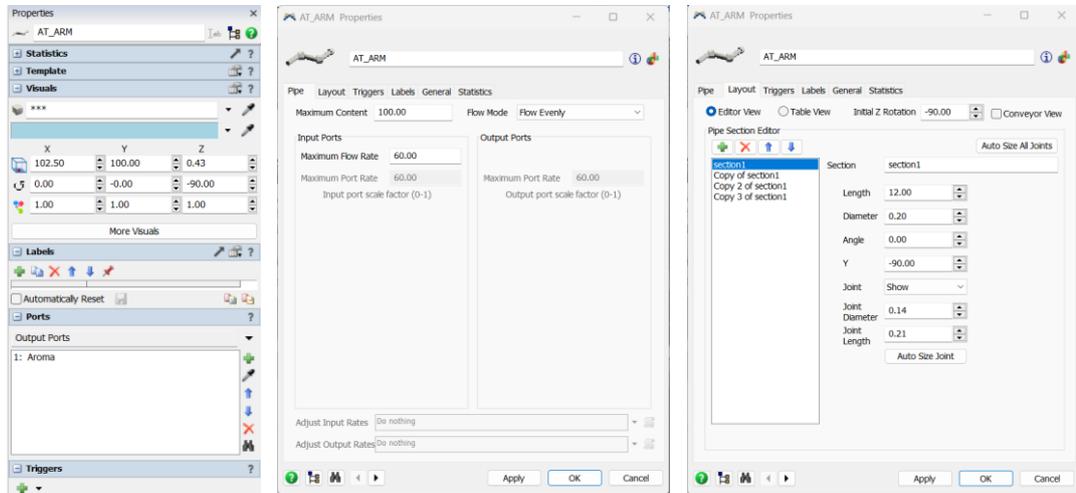


Figura 26: Parametrización Tuberías Agua Tratada a Tanques de Aroma y Concentrado. Fuente: Software FlexSim.

Para iniciar el proceso de fabricación del aroma, las materias primas de los racks deben pasar por un proceso de transformación de objeto a fluido, por lo que se utilizan unos itemtofluid, con visualización de Queue, para recibir los insumos.

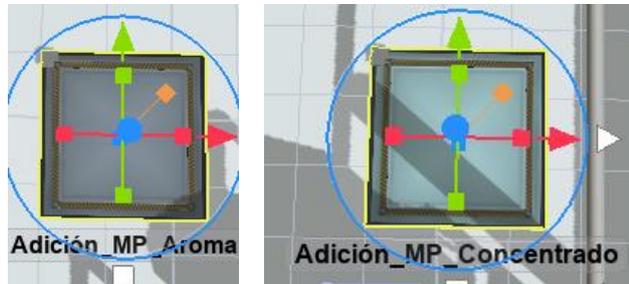


Figura 27: Visualización "FluidToItem" de Aroma y Concentrado. Fuente: Software FlexSim.

Cada objeto está encargado de seccionar cada producto de acuerdo con las proporciones indicadas en las siguientes tablas:

Sabor	Color	Cantidad	Porcentaje
Extracto de vainilla	white	350	40,0%
Aceite de lima	lime	25	2,9%
Extracto de H. coca	brown	100	11,4%
Goma arábica	black	400	45,7%
Total		875	

Tabla 7: Configuración de proporciones para ingreso de MP al tanque aroma. Fuente: elaboración propia

Sabor	Color	Cantidad	Porcentaje
Azúcar	silver	2516	93,36%
Stevia Rebaudiana	gray	5,4	0,20%
Ácido cítrico	green	20	0,74%
Cafeína	yellow	3,4	0,13%
Colorante	red	150	5,57%
Total		2694,8	

Tabla 8: Configuración de proporciones para ingreso de MP al tanque concentrado. Fuente: elaboración propia

El ItemToFluid de aroma cuenta con las siguientes parametrizaciones para su funcionamiento:

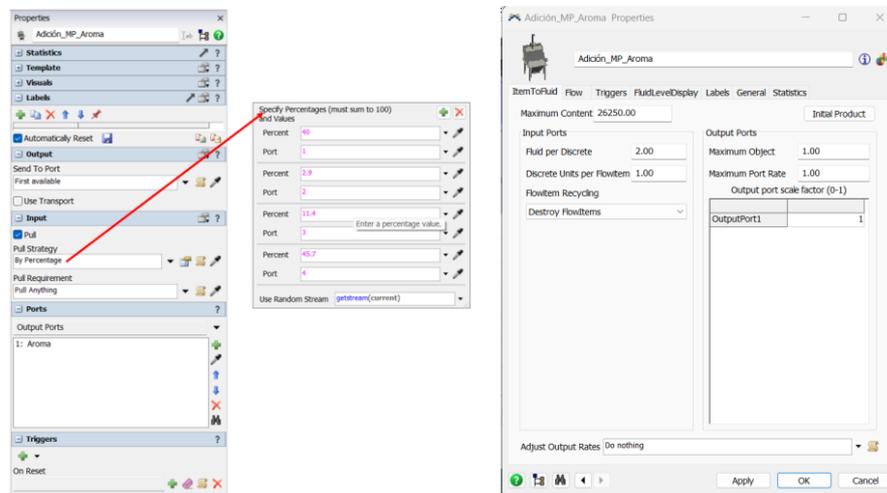


Figura 28: Parametrización "FluidToItem" de Aroma. Fuente: Software FlexSim.

Por otra parte, el ItemToFluid de concentrado está configurado de la siguiente manera:

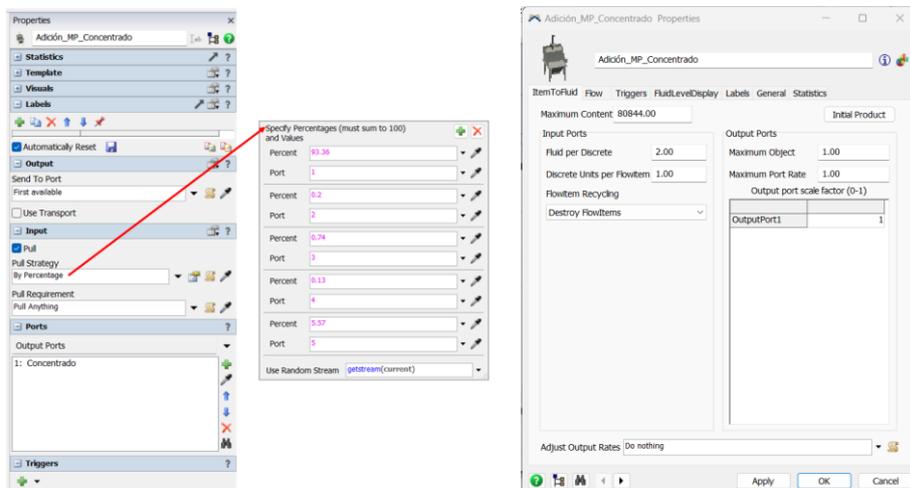


Figura 29: Parametrización "FluidToItem" de Concentrado. Fuente: Software FlexSim.

Una vez la materia prima es transformada en fluido, ingresa al mixer para la fabricación del aroma. Este es de los tanques más pequeños que posee la simulación con una capacidad de 1500L. En este paso se deben parametrizar los pasos (añadir los 5 ingredientes y la agitación) que debe realizar la máquina antes de liberar el fluido y los ingredientes que se van a utilizar, en este caso: extracto de vainilla, aceite de lima, extracto de hoja de coca, goma arábica y el agua tratada:

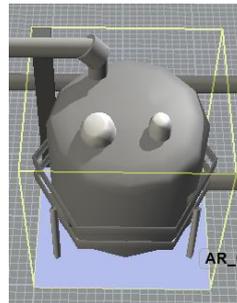


Figura 30: Visualización Mixer Aroma. Fuente: Software FlexSim.

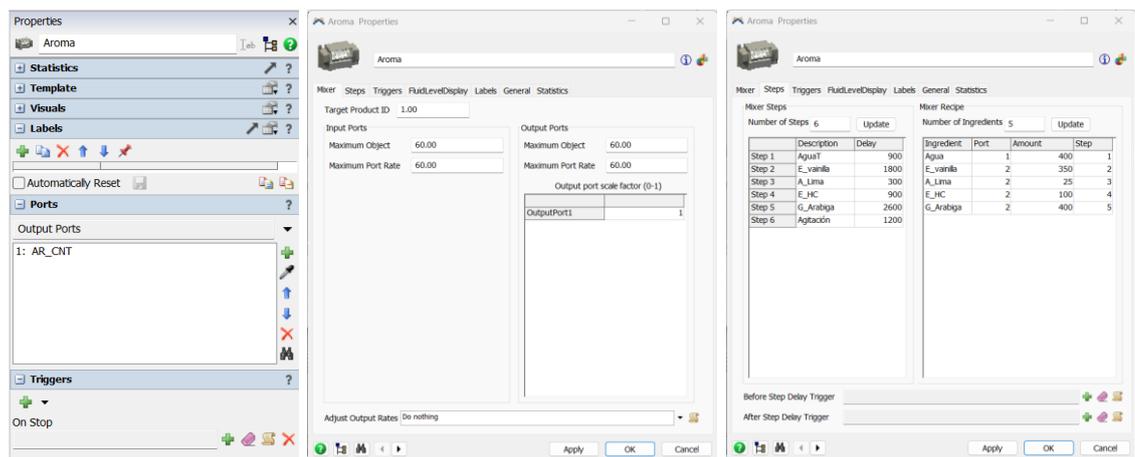


Figura 31: Parámetros de Mixer Aroma. Fuente: Software FlexSim de elaboración propia.

De ahí, el proceso se traslada a la siguiente máquina, donde se realiza el concentrado. Este tanque tiene una capacidad de 36700L y allí ingresa el resto de la materia prima que se encuentra en el rack con ayuda de los montacargas internos (azúcar, mezcla de edulcorantes, color caramelo, ácido cítrico, cafeína) y el agua tratada, nuevamente, del tanque.



Figura 32: Visualización Mixer Concentrado. Fuente: Software FlexSim.

La parametrización de este mixer en el simulador está dada de la siguiente manera. En una de las ventanas se observan los pasos que debe seguir el mezclador para cumplir con el proceso de fabricación del concentrado (preparado aromático, azúcar, mezcla de edulcorantes, ácido cítrico, cafeína, colorante y agua tratada, más el proceso de agitación):

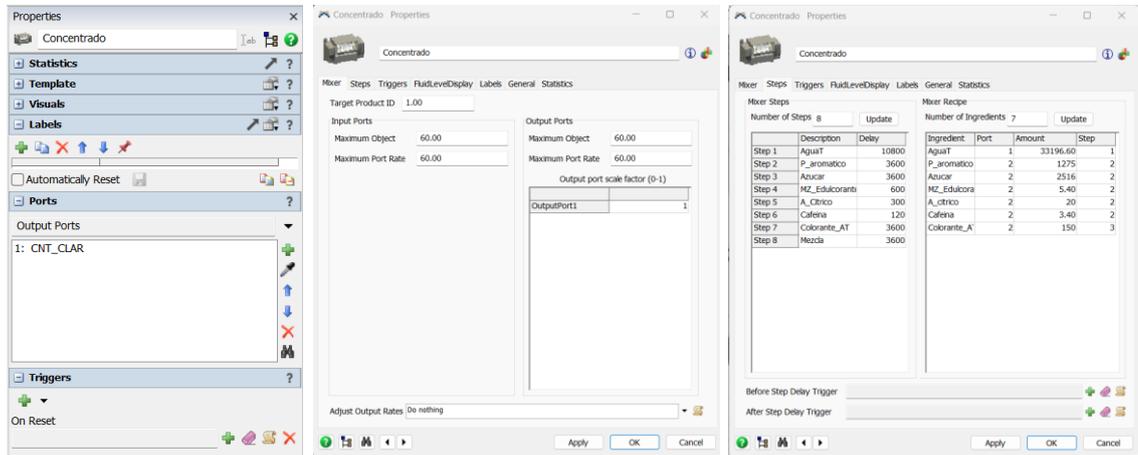


Figura 33: Parametrización Mixer Concentrado. Fuente: Software FlexSim.

Posteriormente, para el proceso de clarificación, la mezcla concentrada viaja por una tubería, CNT_CLAR, que cuenta con la siguiente visualización. En el proceso de simulación se observa como la tubería cambia de color a uno café oscuro, similar al de la bebida gaseosa.

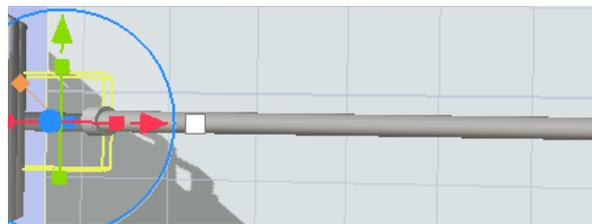


Figura 34: Visualización Tubería Concentrado a Clarificador. Fuente: Software FlexSim.

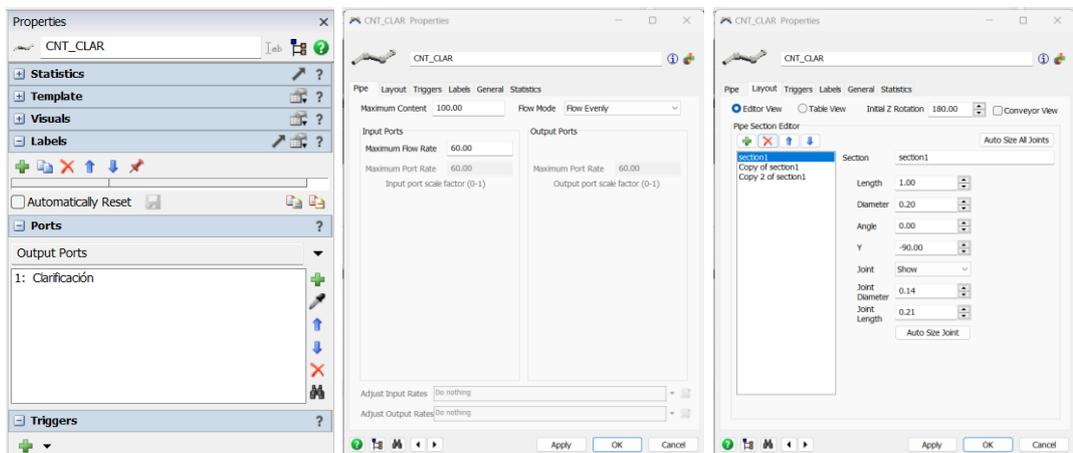


Figura 35: Parametrización Tubería Concentrado a Clarificador. Fuente: Software FlexSim.

El clarificador está representado por un FluidProcessor que está configurado de esta forma:

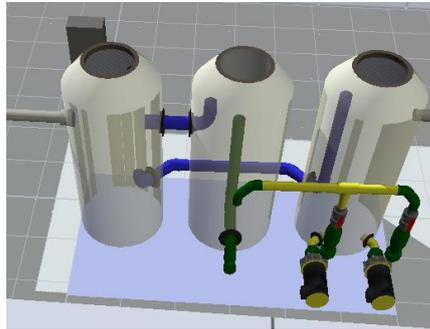


Figura 36: Visualización Clarificador. Fuente: Software FlexSim.

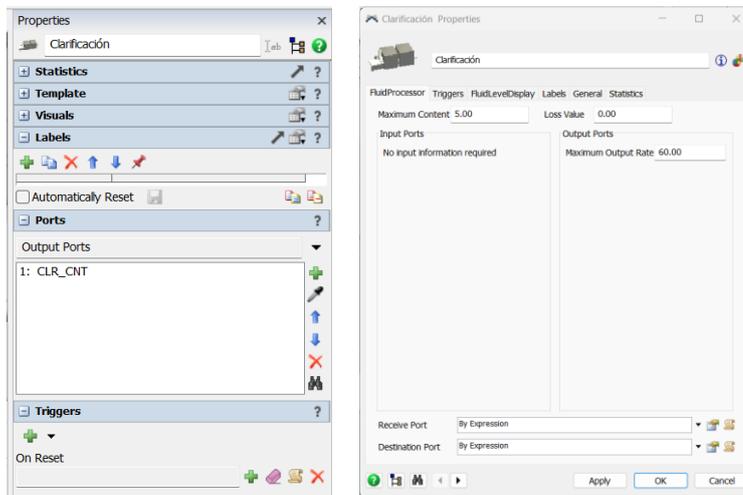


Figura 37: Parametrización Clarificador. Fuente: Software FlexSim.

El fluido clarificado está configurado para desplazarse a la siguiente máquina, Cocción, a través de la tubería CLR_CNT. A diferencia de la tubería descrita previamente, esta está configurada para cambiar de color en la simulación a un color café un poco más claro para poder representar la eliminación de posibles partículas que se encuentren suspendidas en el líquido.

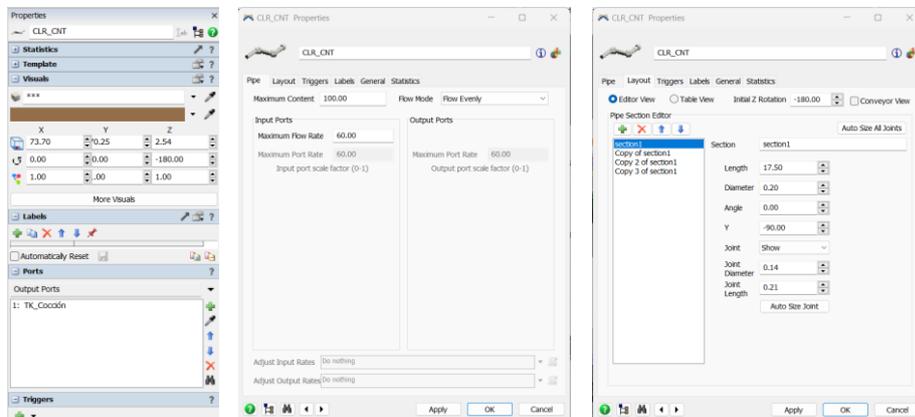


Figura 38: Parametrización Tubería Clarificador a Cocción. Fuente: Software FlexSim.

Al tanque de cocción ingresa la mezcla clarificada para iniciar un proceso de calentamiento para reducir la mezcla hasta 1/3 de su contenido inicial. Este es un proceso que está parametrizado para durar 3 horas en un tanque de 36700L de capacidad.

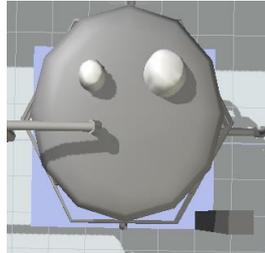


Figura 39: Visualización Tanque Cocción. Fuente: Software FlexSim.

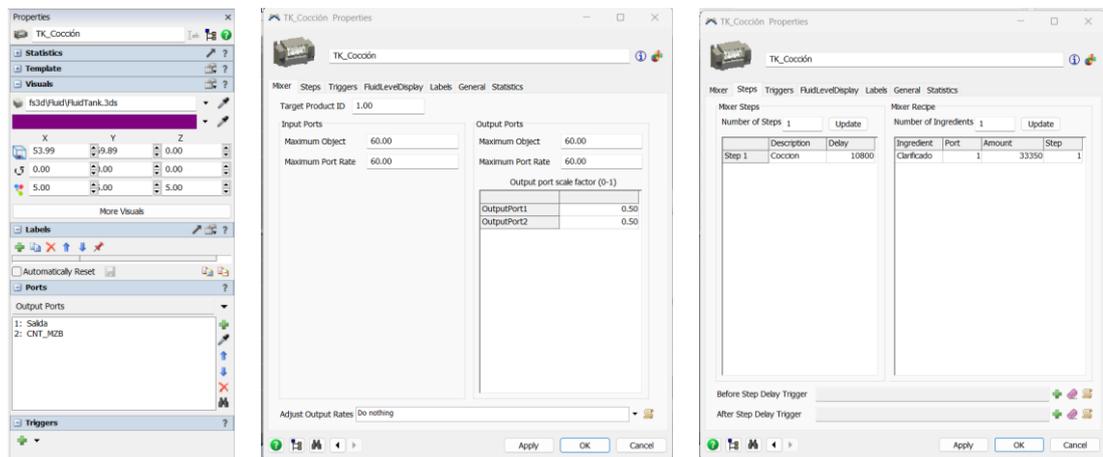


Figura 40: Parametrización Tanque Cocción. Fuente: Software FlexSim.

A través de tuberías, el proceso se traslada al tanque de mezcla de bebidas. Este fluid mixer es el que mayor capacidad tiene en todo el proceso, 55000L. Este proceso tiene una demora también de aproximadamente 3 horas, mientras se hace el llenado con agua purificada y el mezclado con el jarabe.



Figura 41: Visualización Tanque Mezcla Bebida. Fuente: Software FlexSim.

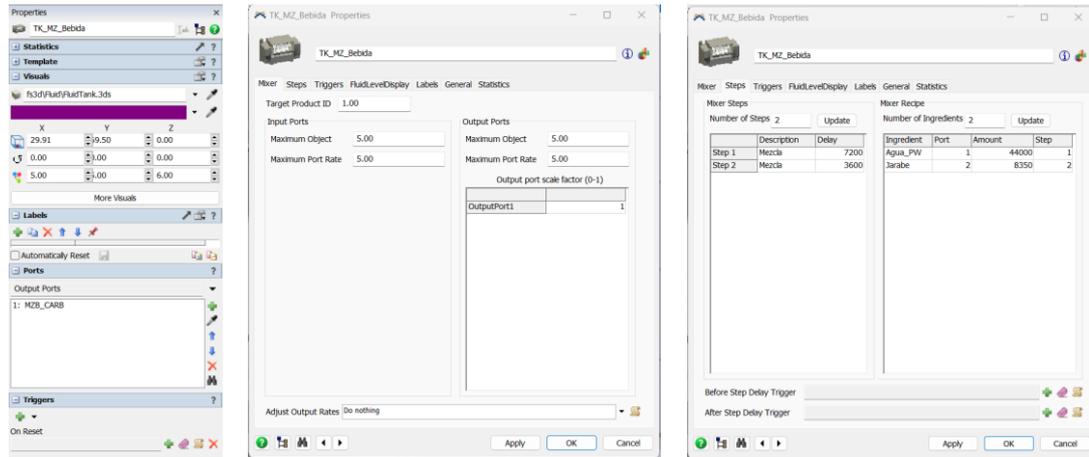


Figura 42: Parametrización Tanque Mezcla Bebida. Fuente: Software FlexSim.

Luego, se presenta una caída de presión en el fluido para trasladar el producto del tanque de mezcla a la carbonatación, esto se representa en la simulación haciendo que el máximo flujo de la tubería entre estas dos máquinas sea de 5L por segundo.

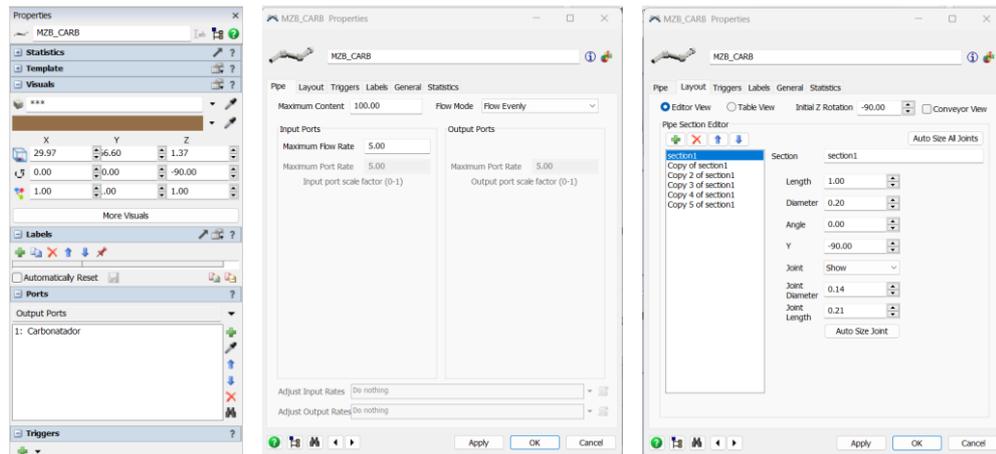


Figura 43: Parametrización Tubería Mezcla Bebida a Carbonatador. Fuente: Software FlexSim.

En el carbonatador, se procesa el fluido para que se traslade, posteriormente, a la máquina envasadora.

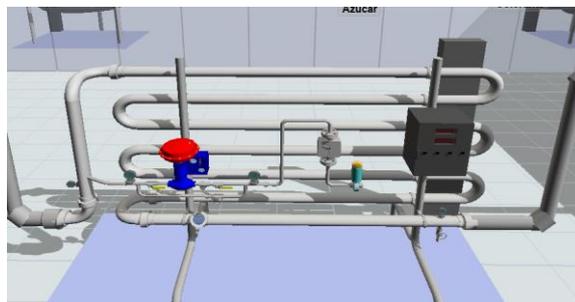


Figura 44: Visualización Carbonatador. Fuente: Software FlexSim.

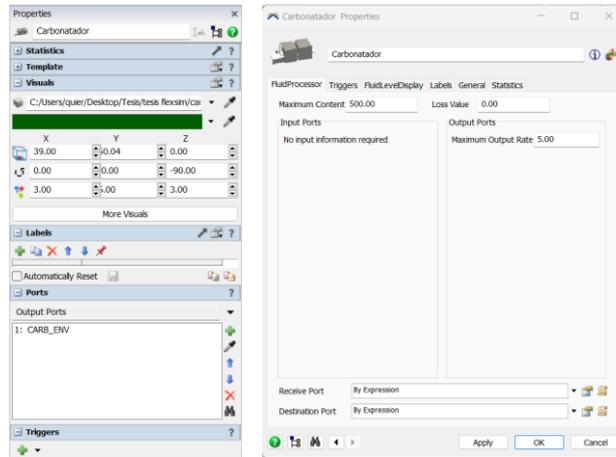


Figura 45: Parametrización Carbonatador. Fuente: FlexSim.

Para hacer el proceso de llenado en la envasadora, el líquido entra por una tubería con configuración igual a la que va entre el tanque mezcla bebida y el carbonatador denominada CARB_ENV. El fluido es recibido por un FluidToItem para ingresar como bebida carbonatada y salir como pequeñas botellas de 500ml de gaseosa de cola negra.

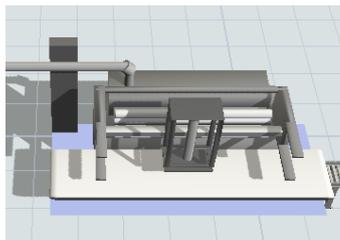


Figura 46: Visualización Envasadora. Fuente: Software FlexSim.

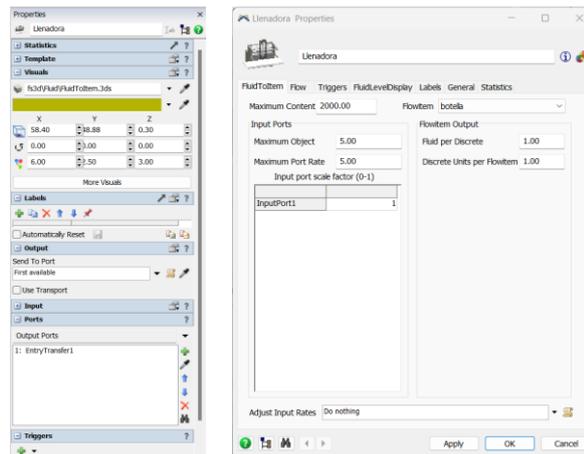


Figura 47: Parametrización Envasadora. Fuente: Software FlexSim.

Luego, las botellas son transportadas por una banda transportadora del área de envasado al área de empaclado.

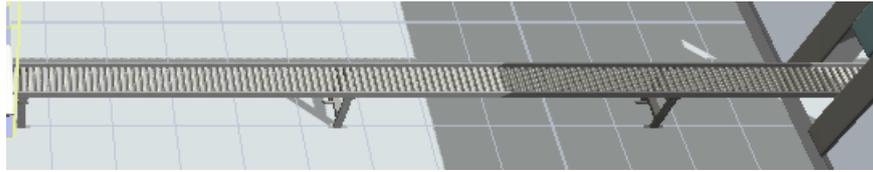


Figura 48: Visualización Envasadora. Fuente: Software FlexSim.

Se desplazan con una velocidad de 1,00 m/s

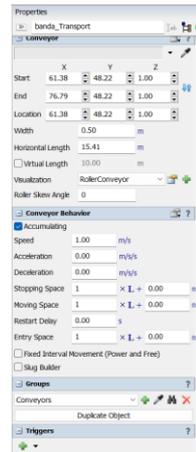


Figura 49: Parametrización Envasadora. Fuente: Software FlexSim.

En el área de empaclado, las botellas son recibidas por tres operarios, uno encargado de ubicar canastas, otro de introducir las botellas en las canastas y el último de trasladar la canasta llena a un almacenamiento de suelo.

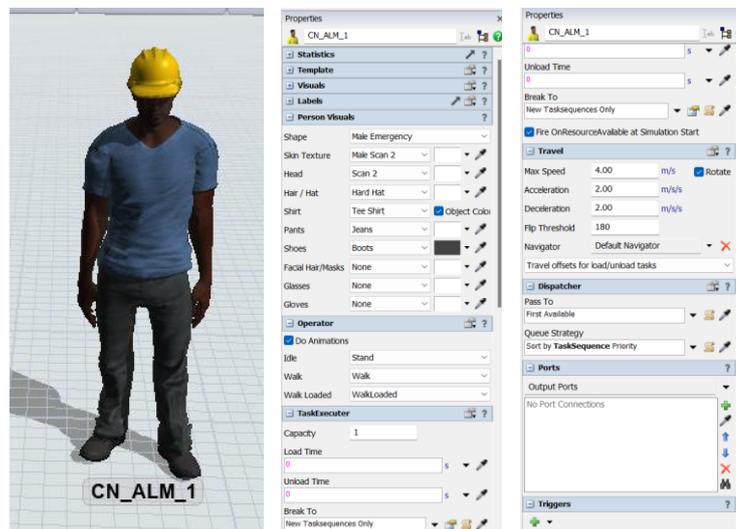


Figura 50: Visualización y Parametrización Operarios. Fuente: Software FlexSim.

Entonces, con ayuda de los operarios inicia el proceso de empaque. Esto se hace mediante un combiner y un source.

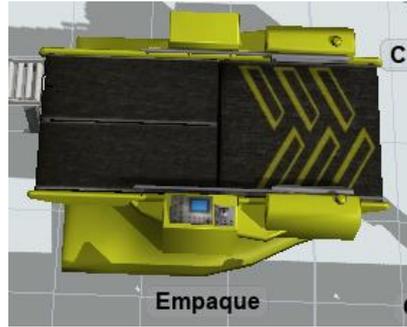


Figura 51: Visualización Empaque. Fuente: Software FlexSim.

Este combiner está parametrizado para que en cada canasta se introduzcan 24 botellas de gaseosa.

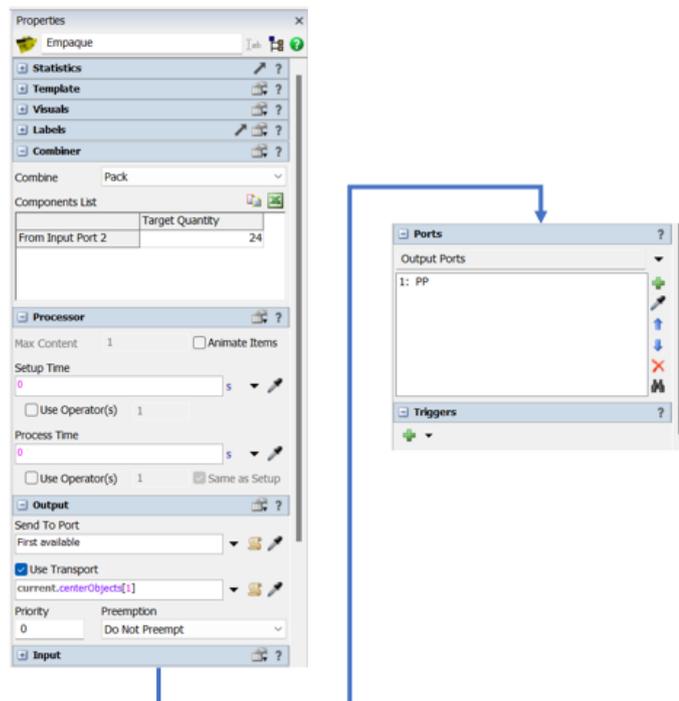


Figura 52: Parametrización Empaque. Fuente: Software FlexSim.

Las canastas salen de un source que las genera cada vez que una es retirada del puerto

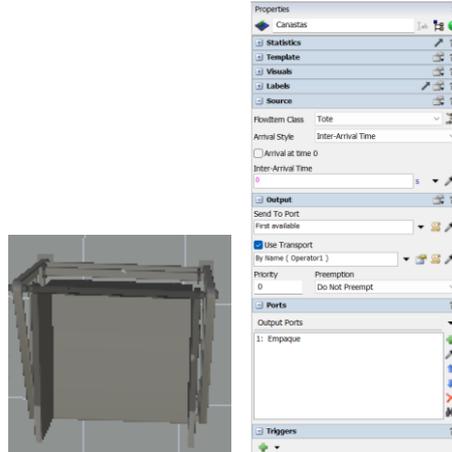


Figura 53: Visualización y Parametrización Source Canastas. Fuente: Software FlexSim.

Luego, un almacenamiento de suelo va guardando las canastas temporalmente para que un montacarga las desplace a los racks de producto terminado.

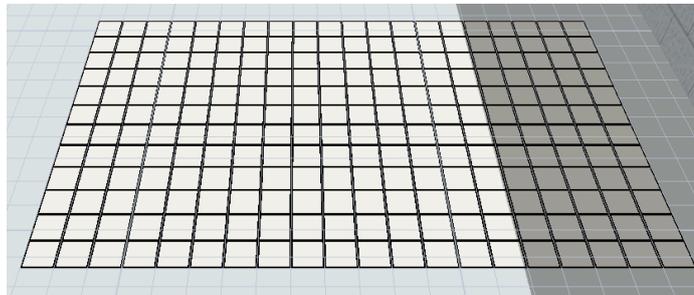


Figura 54: Visualización Almacenamiento Temporal. Fuente: Software FlexSim.

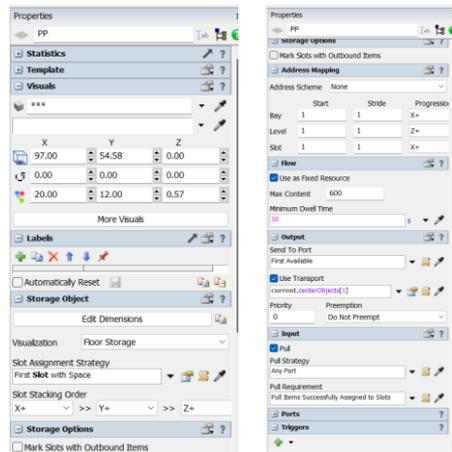


Figura 55: Parametrización Almacenamiento Temporal. Fuente: Software FlexSim.

Después, el producto ingresa al rack de producto terminado, donde permanece durante, al menos, 3 horas antes de salir a la venta.

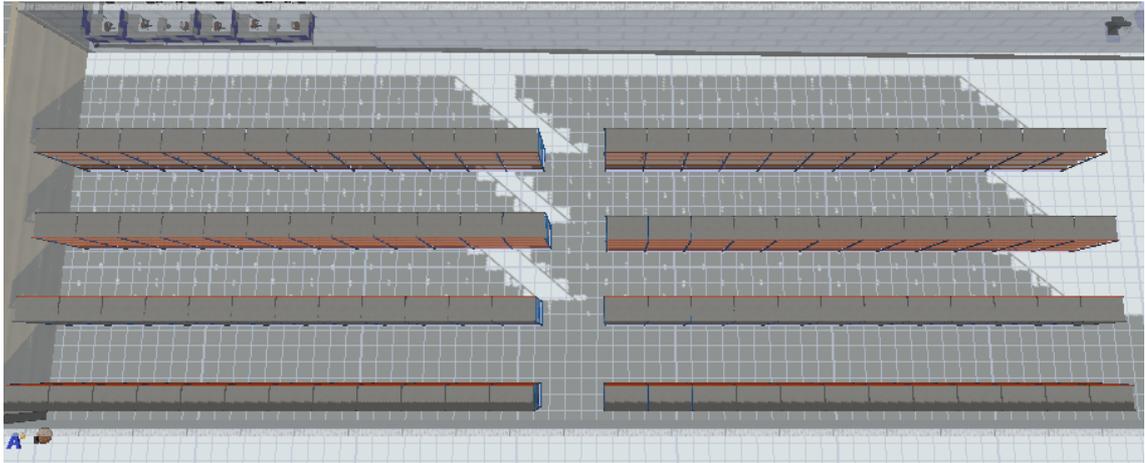


Figura 56: Visualización Racks de Producto Terminado. Fuente: Software FlexSim.

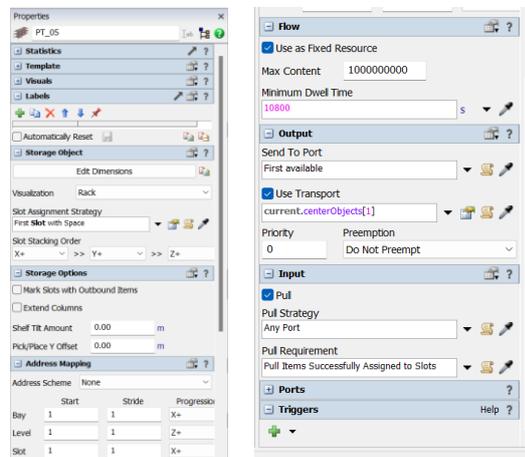


Figura 57: Parametrización Racks de Producto Terminado. Fuente: Software FlexSim.

Por último, para el proceso de venta, el producto se traslada con montacargas al queue de salida, donde un camión se encarga de retirarlo de este espacio y trasladarlo posteriormente a los lugares de entrega.



Figura 58: Visualización Queue Salida PT. Fuente: Software FlexSim.

Los queue de salida presentan la misma configuración de los queue de ingreso de producto.

El tiempo total de todo el proceso para la producción de las 100000 unidades de gaseosa es de 16 horas desde la llegada de materias primas hasta la salida del ultimo camión en la zona de distribución

8. CONCLUSIONES

Para hacer el ajuste de la formulación se debió pasar por dos procesos de experimentación donde en el primero, además de llegar a la coloración requerida de la bebida, se pudo evidenciar que la reducción significativa de azúcares entre la primera prueba y la segunda hizo que la bebida quedara insípida en un primer momento, únicamente sabiendo a agua gasificada. Aspecto que se mejoró en la segunda muestra aumentando los niveles de azúcar a utilizar, pero manteniendo los niveles de edulcorantes para así poder obtener una bebida con unos niveles de dulzor tolerables para el consumidor.

De las muestras utilizadas en la formulación final, la muestra que más se asemejó a una bebida comercial de cola negra fue la bebida con 3,0g de color caramelo. Esto se puede deber a que, al momento de realizar la prueba del espectrofotómetro la gaseosa comercial utilizada presentaba aún partículas de carbonatación, lo que pudo haber alterado los resultados.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que las muestras finales utilizadas para la prueba hedónica de consumidores presentaron fugas de gas puesto que los recipientes no estaban cerrados correctamente y se trasladaron durante 15km en transporte público por lo que los usuarios mencionaron la falta de gasificación que presentaba la muestra, comparándolo con bebidas gaseosas que son dejadas destapadas en la intemperie perdiendo su burbujeo característico.

No obstante, se pudo evidenciar que se deben ajustar los niveles de vainilla a utilizar puesto que fue el sabor que predominó en la bebida final.

Con respecto a la utilización de la soda carbonatada y el agua con gas, los mejores resultados se lograron utilizando la soda, puesto que la bebida emulaba la bebida de cola negra a la perfección, manteniendo las burbujas requeridas para la experiencia de consumir esta bebida.

Para el diseño del proceso, es importante tener en cuenta que el éxito de conseguir un buen producto está en seguir al pie de la letra la fórmula maestra, puesto que no son muchas las maquinarias involucradas en la fabricación de la gaseosa. También, se deben considerar todas las reglas de inocuidad para la elaboración de productos de consumo humano.

Por otra parte, se debe resaltar que este proceso tiene una capacidad máxima ideal para un lote de 50000 litros de bebidas. Donde, a pesar de buscar que se tratara de un proceso tipo "pull", los procesos de cocción y empaqueo representan los principales cuellos de botella de 3h y 5h respectivamente haciendo que sean estas actividades las que generen un "push" al resto.

Entendemos que, al diseñar un proceso, a medida este se va llevando a cabo se puedan identificar posibles falencias que deban ajustarse para poder optimizar las actividades y tener un mejor flujo de proceso y trabajo. No obstante, es información que puede ser tomada como punto de partida para el análisis y estudio de tiempos y capacidades.

Finalmente, con el diseño del proceso, y su escalamiento a nivel industrial, se concluye un proyecto de tres años que presenta un producto atractivo y potencial para los estudiantes universitarios, quienes cada vez muestran mayor interés en los productos que consumen y como estos repercuten en su salud en el presente y futuro próximo.

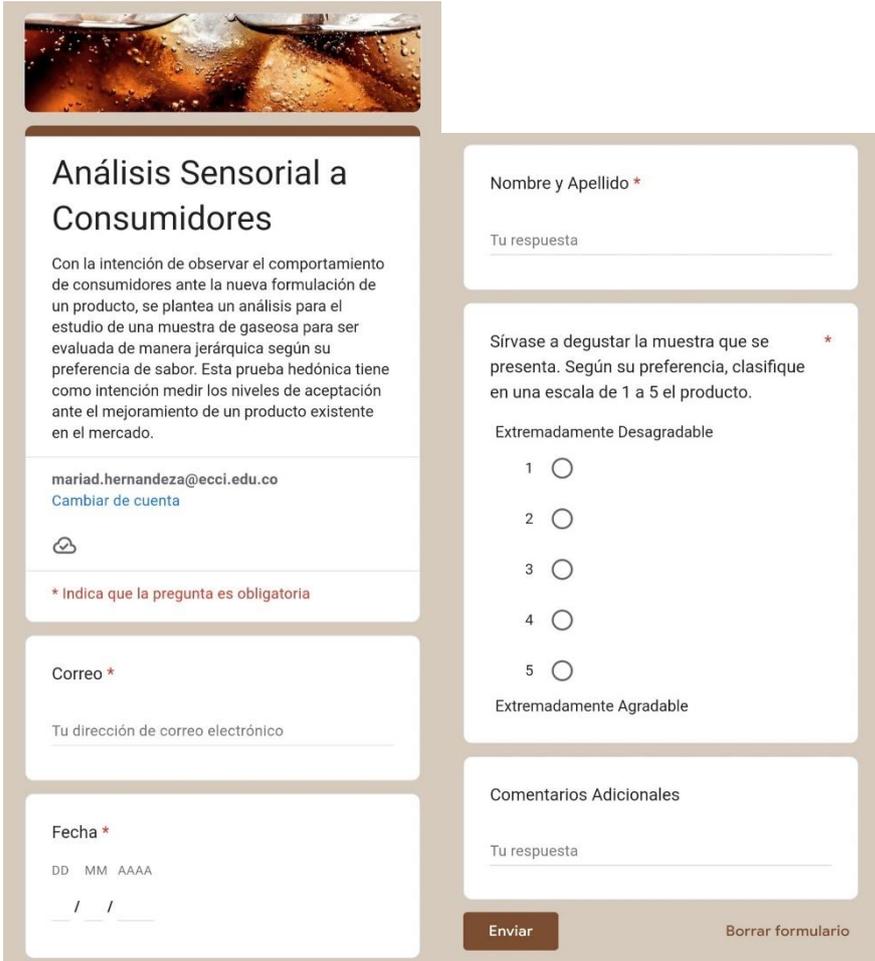
ANEXOS

Etiquetas comerciales utilizadas como referencia para realizar combinación de endulzantes



Figura 59: Etiquetas de información nutricional de productos chilenos. Fuente: fotografía propia.

Formato encuesta: Test Hedónico para dispositivos móviles



Análisis Sensorial a Consumidores

Con la intención de observar el comportamiento de consumidores ante la nueva formulación de un producto, se plantea un análisis para el estudio de una muestra de gaseosa para ser evaluada de manera jerárquica según su preferencia de sabor. Esta prueba hedónica tiene como intención medir los niveles de aceptación ante el mejoramiento de un producto existente en el mercado.

mariad.hernandez@ecci.edu.co
[Cambiar de cuenta](#)



* Indica que la pregunta es obligatoria

Nombre y Apellido *

Tu respuesta

Sírvase a degustar la muestra que se presenta. Según su preferencia, clasifique en una escala de 1 a 5 el producto. *

Extremadamente Desagradable

1

2

3

4

5

Extremadamente Agradable

Comentarios Adicionales

Tu respuesta

Enviar [Borrar formulario](#)

Figura 60: Formulario Google para pruebas hedónicas a consumidores. Fuente: Elaboración propia.

BIBLIOGRAFÍA

- Blandón, L. (2012). Determinación de colorantes en bebidas. *Universidad de Antioquia*, 15–16.
- Camacho Moreno, C. C., & Hernandez Acosta, M. de los A. (2021). *Evaluación teórica de endulzantes para reemplazar el azúcar en bebidas carbonatadas*. 1–52. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2460>
- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food. (2010). Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive. *EFSA Journal*, 8(1), 51–58. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1537>. Available
- Eslava-González, L. L., Henao-Pacheco, M., Escaño, M., & Dueñas, Z. (2019). En ratas, el consumo de bebidas negras, normales o light, incrementa el peso corporal y la ansiedad. *Revista Med*, 26(1), 7–13. <https://doi.org/10.18359/rmed.3977>
- European Food Safety Authority. (2020). Edulcorantes. *EFSA Europa*. <https://www.efsa.europa.eu/es/topics/topic/sweeteners>
- Flores, N. A. (2015). Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. *Universidad De Chile Facultad De Ciencias Químicas Y Farmacéuticas*, 1–97. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137798/Entrenamiento-de-un-panel-de-evaluacion-sensorial-para-el-Departamento-de-Nutricion-de-la-Facultad-de-Medicina-de-la-Universidad-de-Chile.pdf?sequence=1>
- Gokel, G. (2011). Refractómetro – Medición Brix en la industria de bebidas y zumos. *A. Kruss Optronic*, 1, 1–2. http://www.kruess.com/documents/Applikationsberichte/AP130710_001_Medicion_Brix_en_la_industria_de_bebidas_ES.pdf
- Herbal Safety: Stevia. (2021). *University of Texas at El Paso*. <https://www.utep.edu/herbal-safety/hechos-herbarios/hojas-de-datos-a-base-de-hierbas/stevia.html>
- Méndez, L. (2020). Manual de Análisis de Alimentos. *Facultad de Química Farmacéutica Biológica de La Universidad Veracruzana*, 45–46. <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>
- Mera, C., & Cedeño, T. (2012). *PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS GASEOSAS*. 221. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4698/1/T197.pdf>
- Mundaca Sigüeñas, K. M. (2015). *Desarrollo de la Implementación de un Panel Sensorial de Bebidas Carbonatadas Pepsi, Pepsi Light y no Carbonatadas Gatorade Naranja en Cervecería CCU Planta Temuco Utilizando Herramientas de Mejora Continua*.

Oficina Nacional de Normalización. (2017). *ANALISIS SENSORIAL. METODOLOGIA. GUIA GENERAL (ISO 6658:1985, IDT)*. 9–25. <http://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA UNIVERSITARIA DEL ISDI/COLECCION DIGITAL DE NORMAS CUBANAS/2002/NC-ISO 6658.pdf>

Plataforma de Innovación Tecnológica ITAL. (2021). *EDULCORANTES. Alimentos Processados*. <https://alimentosprocessados.com.br/es/ingredientes-aditivos-adocantes.php#:~:text=Los edulcorantes son aditivos con,%2C sacarina%2C sucralosa%2C etc.>

Ramírez-Vélez, R., Ojeda, M. L., Tordecilla, M. A., Peña, J. C., & Meneses, J. F. (2015). El consumo regular de bebidas azucaradas incrementa el perfil lipídico-metabólico y los niveles de adiposidad en universitarios de Colombia. *Revista Colombiana de Cardiología*, 23(1), 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2015.04.006>

SaluData, O. de S. de B. (2016). *Causas Mortalidad*.

SaluData, O. de S. de B. (2017). *Actividad Física*. <https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/enfermedades-cronicas/actividad-fisica/>

SaluData, O. de S. de B. (2020a). *Delgadez y exceso de peso en población de 5 a 17 años en Bogotá D.C.* <http://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/seguridad-alimentaria-y-nutricional/delgadezyexceso5a17anos/>

SaluData, O. de S. de B. (2020b). *Prevalencia de obesidad en niños menores de 10 años en Bogotá D.C.* https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/fichas_tecnicas_osb/seg-alimentaria/OSB_Seguridad_Alimentaria_Obesidad10anos.pdf

SaluData, O. de S. de B. (2020c). *Tasa de mortalidad por diabetes mellitus en menores de 70 años en Bogotá D.C.* <http://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/enfermedades-cronicas/diabetes/>

SaluData, O. de S. de B. (2022). *Malnutrición en población de 18 a 64 años en Bogotá D.C. SaluData*. <https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/seguridad-alimentaria-y-nutricional/malnutricion-en-poblacion-de-18-a-64-anos/>

Vargas, A., Gutierrez, J., Ramirez, J., & Onofre, E. (2011). *Pruebas Sensoriales*. 669, 82040.