

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Estudio de prefactibilidad de una planta de producción de  
edulcorante no-calórico a través de la utilización de aspartame  
y acesulfame K para abarcar el mercado Ambateño.**

**Christian Rolando Cornejo Guerrero**

**Ingeniería Química**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de

Ingeniero Químico

Quito, 10 de junio de 2020

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Estudio de prefactibilidad de una planta de producción  
de edulcorante no-calórico a través de la utilización de  
aspartame y acesulfame K para abarcar el mercado  
Ambateño.**

**Christian Rolando Cornejo Guerrero**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Juan Diego Fonseca, PhD**

Quito, 22 de junio de 2020

## **DERECHOS DE AUTOR**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Christian Rolando Cornejo Guerrero

Código: 00115800

Cédula de identidad: 1804629457

Lugar y fecha: Quito, junio de 2020

## ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## UNPUBLISHED DOCUMENT

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

Estudio de prefactibilidad de una planta de producción de edulcorante cuya característica principal es no poseer calorías, para desarrollar este proyecto se formula una mezcla edulcorante utilizando *aspartame* y *acesulfame K* considerando la teoría del dulce cuya presentación comercial posee el mismo poder edulcorante que dos cucharaditas de sacarosa tiene una presentación similar a marcas ya existentes en el mercado ecuatoriano. Se realiza el diseño de proceso considerando las operaciones unitarias necesarias para la producción y distribución de la unidad de producción cuyo objetivo es abarcar el mercado que existe en la ciudad de Ambato, con este fin se realiza el diseño de planta considerando la previa adquisición de dos equipos los cuales serán evaluados técnicamente para su posible utilización o descarte en el proceso implementado. Para determinar la ejecución práctica de este proyecto se evaluará económicamente el diseño de planta propuesto determinando así la viabilidad del proyecto el cual tiene como posibilidad convertirse en un futuro emprendimiento.

Palabras clave :Edulcorante, Dulce , Planta, No-Calórico Estudio Acesulfame ,Aspartame

## ABSTRACT

Prefeasibility study of a sweetener production plant whose main characteristic is not having calories, to develop this project a sweetening mixture is formulated using *aspartame* and *acesulfame K* considering the theory of sweet and considering that the commercial presentation has the same sweetening power as two teaspoons of sugar it has a similar presentation to existing brands in the Ecuadorian market. The process design is carried out considering the unit operations necessary for the production and distribution of the production unit the main objective is to cover the market that exists in the city of Ambato, for this purpose the plant design is carried out considering the previous acquisition of two equipment which will be technically evaluated for possible use or discarded in the implemented process. To determine the possible execution of this project, the proposed plant design will be economically evaluated, thus determining the viability of the project, which has the possibility of becoming a future undertaking.

Key words: Sweetener, Sweet, Plant, Non-Caloric Study Acesulfame K, Aspartame.

**TABLA DE CONTENIDO**

1 Antecedentes .....	10
1.1 Mercado Mundial de Edulcorantes .....	10
1.2 Mercado Nacional de Edulcorantes .....	12
1.3 Factor de decisión de compra .....	13
1.4 Objetivos del Proyecto.....	14
2 Bases del diseño.....	15
2.1 Diseño del producto .....	15
2.2 Descripción de las materias primas.....	15
2.3 Descripción del proceso seleccionado y alternativas.....	17
2.4 Limitaciones y normas.....	18
2.5 Ubicación de la planta propuesta .....	19
3 Determinar la formulación del edulcorante .....	20
3.1 Teoría del Dulce .....	20
3.2 Poder Edulcorante.....	24
3.3 Formulación .....	25
4 Diseño de la Planta.....	26
4.1 Definición y selección de los equipos.....	26
4.2 Equipos previamente disponible análisis de factibilidad .....	27
4.3 Modo de Operación de la Planta.....	29
5 Analisis Economico .....	30
6 Conclusiones.....	33

7 Anexos .....	35
----------------	----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .- Contiene las materias primas que se utilizaron .....	16
Tabla 2 .-Contiene la formulación de la mezcla edulcorante.....	25
Tabla 3.- Contiene los costos de inversión fija.....	31
Tabla 4.- Costo de la Unidad de Producción .....	31
Tabla 5.- Contiene el margen de ganancia.....	32
Tabla 6.- Contiene las marcas ya comercializadas de Edulcorantes.....	32
Tabla 7.- Contiene la recuperación de inversión .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Comportamiento de la producción y consumo de edulcorantes (diferentes al azúcar). .....	11
Figura 2 : Diagrama de Bloques del proceso seleccionado .....	18
Figura 3.- Contiene la ubicación exacta del galpón contratado .....	19
Figura 4 .- Estructura del glucógeno .....	20
Figura 5 .-Ilustración de la teoría de Shallenberger y Acree .....	21
Figura 6.- Contiene el esquema AH/B .....	22
Figura 7.- Contiene el esquema tridimensional de Shallenberger Acree Kier.....	22
Figura 8.- Contiene la mezcladora de polvos de tipo tambor .....	27
Figura 9.- Contiene Empaquetadora tipo almohada .....	28
Figura 10.- Contiene el diagrama de flujo de los equipos propuestos para la planta .....	29
Figura 11.- Contiene la empaquetadora de tipo almohada .....	30
Figura 12.- Contiene la unidad de Producción.....	31

# 1 Antecedentes

## 1.1 Mercado mundial de Edulcorantes

Una sustancia edulcorante es un compuesto que da sabor dulce a los alimentos, siendo la más comercializada la sacarosa (azúcar blanca), compuesto de origen natural que proporciona 4 kcal/gramo, al ser este un carbohidrato está íntimamente relacionado con dos de las más grandes afecciones de salud a nivel mundial que son: La diabetes y la obesidad. Los cuales son trastornos del estilo de vida que se encuentran en un gran segmento de la población mundial, especialmente en las economías desarrolladas como Estados Unidos y Reino Unido. La Organización Mundial de la Salud recomienda reducir la ingesta de azúcares libres a menos de un 10% del consumo calórico total, enfatiza que para lograr beneficios adicionales a la salud se busque una reducción al 5% [1]. Europa y Norte América, han reaccionado ante el tema generando presión para la reducción del contenido de azúcar en los alimentos, con directrices que van desde un etiquetado que remarque su contenido de azúcar hasta impuestos específicos a las bebidas azucaradas, además del uso de edulcorantes no calóricos sustitutos del azúcar [2].

Los analistas pronostican que el mercado global de edulcorantes crecerá a una tasa compuesta anual de 4.78% durante el período 2016-2020. Un estudio por parte de la empresa de investigación de mercado, proyectó un crecimiento del 5% hasta el 2017 en la demanda de endulzantes naturales sin calorías en países como Europa, Japón y Norteamérica; esto permite entender que el comportamiento de los consumidores está relacionada a la correcta alimentación y preparación de sus comidas y que a través del tiempo se adaptará en países Sudamericanos [2].

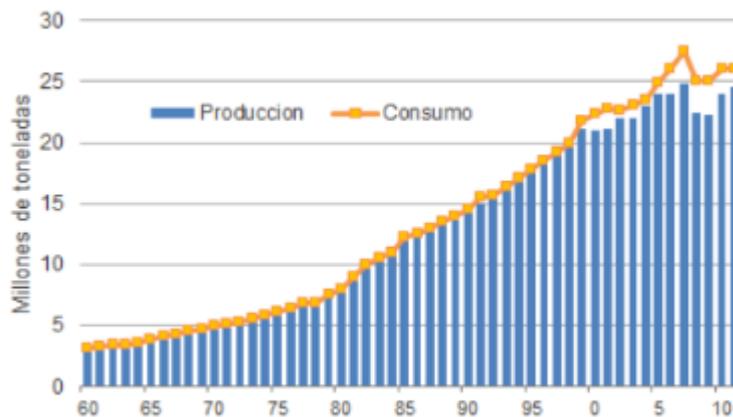


Figura 1.- Comportamiento de la producción y consumo de edulcorantes (diferentes al azúcar).

Los edulcorantes son sustancias que no se metabolizan dentro del organismo por lo cual su aporte calórico es igual o cercano a cero. Los edulcorantes se clasifican en función de si son calóricos o acalóricos y por su origen natural o artificial. Los calóricos naturales provienen del azúcar, de sus jugos y mieles, mientras que los calóricos artificiales se elaboran a partir de los alcoholes; los acalóricos naturales encuentran su origen en otras plantas diferentes a la caña de azúcar, tales como la Stevia y los acalóricos artificiales son producto de reacciones químicas, el azúcar tradicional abarca la mayor parte de la industria, los endulzantes bajos en calorías representan el 20% del mercado, lo que equivale a 34 millones de toneladas[3]. En base a un informe del mercado chileno, los endulzantes artificiales fueron poco masivos y se comercializaban en farmacias. En el 2014, los endulzantes no calóricos tuvieron una fuerte penetración en la población que alcanzó el 70%; esto significó, que siete de cada diez familias han comprado algún tipo de endulzante en los últimos meses. Ésta demanda afectó a la venta de azúcar en el retail ya que el volumen de la venta de azúcar cayó 6.5% en supermercados, distribuidoras y mayoristas; lo cual atribuyó este descenso a los ajustes de consumo en los hogares chilenos [4].

En el Ecuador se cosecharon 74,991 hectáreas de caña de azúcar, dicha producción está dividida en 29 diferentes zonas del país que utiliza una mano de obra aproximadamente 35000 agricultores[5]. Por otro lado, CINCAE manifestó que a pesar de que el entorno ambiental afecte al sembrío de caña de azúcar no sería más del 4% del total de producción; en caso de estado de emergencia como el fenómeno de niño se proyectará pérdidas del 30% al 40% a nivel nacional. Córdova, propietario de Stevia Ecuador afirmó que el cultivo de Stevia requiere de una fuerte inversión para su proceso, hasta lograr el polvo, que es la presentación más comercializada y siendo estas en su mayoría marcas nacionales; dicha industria cuesta alrededor de \$7.5 millones de dólares, lo que genera problemas en cuanto a la producción nacional de los dos productos edulcorantes más consumidos.

## **1.2 Mercado Nacional de Edulcorantes**

En los hogares ecuatorianos, tradicionalmente se delegan las funciones de adquisición de alimentos y el manejo de los recursos económicos familiares destinado para este fin a las madres y amas de casa, por lo cual, se realizó un estudio de mercado de consumo de edulcorantes realizado por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, el cual contó con la participación de dos grupos de amas de casa con rango de edad de 25-34 y 35-44 años. El motivo de compra que presentan las amas de casa de 25-34 años, es la búsqueda de una alimentación saludable, en este caso los endulzantes deben mantener las propiedades y nutrientes de los distintos alimentos [2].

En los casos en que las amas de casa desean que su familia reduzca su peso, eliminan completamente todos los productos que impidan este objetivo, por lo cual el edulcorante también debe contener 0 calorías. Las amas de casa de 35-45 años presentan una diferencia marcada con el grupo más joven, el riesgo de salud es un factor determinante

en cuanto a la selección de productos de consumo, ya que, es común que estas familias presenten enfermedades preexistentes. Siendo determinante la prevención de la diabetes y la obesidad, pues al menos uno de sus miembros ya la presentan.

### **1.3 Factor de decisión de compra**

En cuanto al factor que determina la decisión de la compra es el precio, las amas de casa tienen dificultades al comprar endulzantes debido a su alto precio, por lo cual siempre buscan alternativas más económicas, ya que estos edulcorantes toman una parte importante del presupuesto de alimentación de cada familia. Como segundo punto, que el producto cumpla con los beneficios de salud antes mencionados, en cuanto al lugar de compra y frecuencia de compra las amas de casa de estos dos grupos mencionan que realizan sus compras en las tiendas de barrio, pero se encuentran con el problema, que muchas de estas solo cuentan con azúcar blanca, limitando sus opciones de compra y para poder tener acceso a los edulcorantes, deben movilizarse hacia un supermercado o centro comercial, lo cual conlleva costos adicionales como transporte.

La frecuencia de compra de edulcorantes se encuentra ligada a la cantidad de miembros familiares, pero al realizar un promedio, se confirmó que se lo realiza una vez cada semana o cada 15 días.

Estos factores han sido tomados en cuenta al momento de desarrollar la mezcla, por lo cual el producto será diseñado buscando tener las siguientes características:

- Un precio menor a los que se encuentran en el mercado actualmente
- Conservar las características de cero calorías que prevengan los problemas de salud

- Conservar las propiedades y características de los alimentos sin modificar su sabor.

## 1.4 Objetivos

Para realizar este proyecto, se examinó la situación actual del mercado, considerando la alta demanda que tienen los edulcorantes en el Ecuador, y aprovechar esta oportunidad para la implementación de esta planta de producción de edulcorante.

### Objetivo General

Este proyecto será un emprendimiento que se pretende implementar en la realidad, por lo cual se evaluará minuciosamente los detalles económicos y técnicos buscando compaginar la teoría con la realidad económica del emprendedor.

El objetivo general del proyecto es realizar el estudio de prefactibilidad de una planta de producción de una mezcla edulcorante, cuya característica principal será, que esta no se metabolice, es decir sea un edulcorante no calórico, para lo cual se utilizara una mezcla de *Aspartame* y *Acesulfame k*.

### Objetivos específicos

Determinar la formulación del edulcorante que cumpla la condición de ser no-calórico.

Diseñar la planta de producción de forma eficiente y contando con la utilización de los equipos previamente adquiridos, para la elaboración del producto.

Evaluación económica del proyecto que nos permita determinar su viabilidad en la elaboración de Edulcorante.

## **2. Bases del diseño**

### **2.1 Diseño del producto**

El mercado nacional, está principalmente dominado por el edulcorante tradicional sacarosa y no existe un edulcorante que satisfaga completamente los requerimientos del consumidor nacional, por lo cual existe una oportunidad de mercado que puede ser aprovechada y las directrices para la formulación del producto serán :

Formular un producto de mejor característica organoléptica y permita su competitividad en precio en el mercado

Conservar las características de cero calorías que prevengan los problemas de salud

Conservar las propiedades y características de los alimentos sin modificar su sabor

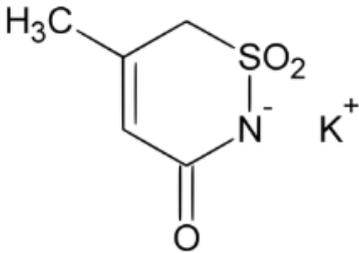
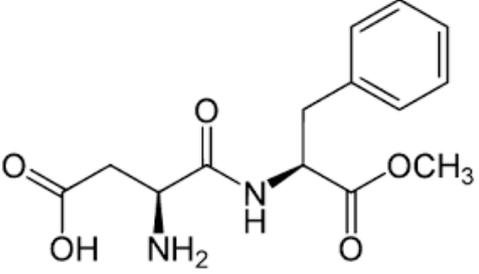
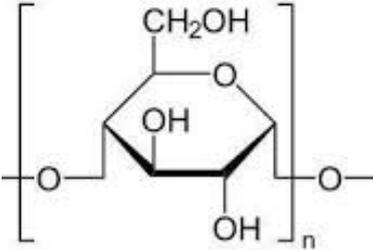
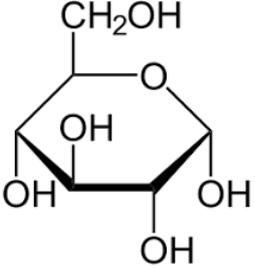
La presentación comercial del edulcorante constara de 200 sobres contenidos en una caja de dimensiones 12 cm de alto x 11 cm de ancho x 5 cm de profundidad, este modelo está basado en las cajas existentes en el mercado. El sobre tendrá un contenido neto de 1 gramo, debido a la dosificación del producto el cual será diseñado de acuerdo con la equivalencia de 28 gr [6] (una cucharada de azúcar blanca) lo que facilitará su utilización.

### **2.2 Descripción y propiedades de las materias primas**

Los edulcorantes no-calóricos son sustancias que aportan un sabor dulce sin ser metabolizadas por el organismo, por lo cual su aporte calórico es mínimo, este será el criterio más importante de selección. También se consideró que las materias primas que formen parte del edulcorante nos permitan generar un producto con una sensación de dulzor más duradera, que mejoren la textura del producto, y que brinden el mismo poder edulcorante que una cucharada de azúcar [7].

Las materias primas que se utilizaran para este producto son:

Tabla 1 .- Contiene las materias primas que se utilizaran

<p>Acesulfame K .- El acesulfame de potasio se elabora a partir de un proceso que implica la transformación de un intermediario orgánico, el ácido acetoacético y su combinación con el mineral de origen natural, el potasio, para formar un edulcorante cristalino altamente estable su poder edulcorante es de 200[6].</p>	
<p>Aspartame.-Es un polvo blanco que se obtiene mediante la combinación de fenilalanina y de ácido aspártico cuyo poder edulcorante es de 200[8].</p>	
<p>Maltodextrina.- Es un polvo de color blanco que se obtiene a partir de la hidrólisis del almidón este se extrae principalmente del maíz es un aditivo alimentario cuyo poder edulcorante es 0.4[7].</p>	
<p>Dextrosa.- Es un hidrato de carbono perteneciente a la categoría de azúcares que se obtiene a partir del</p>	

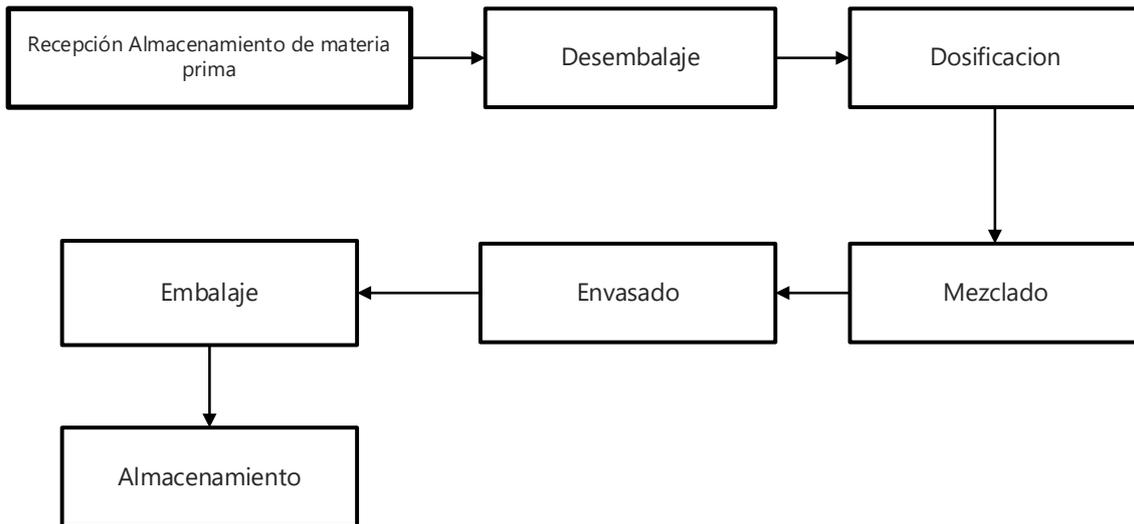
maíz cuyo poder edulcorante se encuentra en 0.5[7]	
--	--

Se utilizarán presentaciones comerciales de 25 kg las cuales se pueden obtener en el mercado nacional o a través de importaciones.

### **2.3 Descripción del proceso seleccionado y alternativas**

Para realizar la mezcla del edulcorante no calórico, se plantea un diseño de proceso con siete operaciones que son :

- **Recepción y almacenamiento de materia prima:** Se realizará en planta, en el área destinada y sobre pallets para evitar el contacto con el suelo y la humedad, así como también control de HR, y la materia prima será sometida a una determinación de humedad que no podrá superar el 12%, Control microbiana de Hongos y Levaduras
- **Desembalaje:** Se retirará las envolturas de las diferentes materias primas.
- **Dosificación:** Esta parte del proceso consiste en la dosificación de cada una de las materias primas que se van a utilizar en las cantidades necesarias para la producción del edulcorante no calórico, utilizaremos una balanza con una precisión de un decimal
- **Mezclado:** Se utilizará una mezcladora de polvos tipo tambor. El tiempo de mezclado es de 30 [min] por cada 25 [Kg].
- **Envasado:** Se utilizará una Envasadora de polvos automática que nos permita realizar los sobres de 1 gr de 4cm de ancho y 6 cm de largo, con una velocidad de 200 empaque por minuto, el material de empaque es un polifilm.
- **Embalaje :** En esta etapa se colocará 200 sobres por caja y 20 cajas por cartón.
- **Almacenamiento :** Se almacenarán las unidades de producción, sobre pallets para evitar la humedad, el contacto con el suelo y se controlara la HR del local.



*Figura 2 : Diagrama de Bloques del proceso seleccionado*

## 2.4 Limitaciones y normas

Las normativas que el producto debe respetar son:

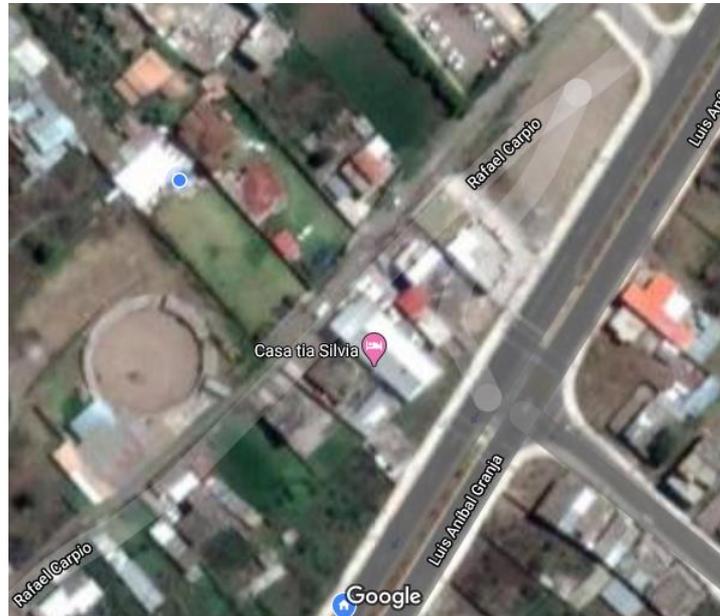
-Ley del Consumidor la cual especifica que se debe etiquetar la cantidad de grasa, azúcar y sal añadida basándose en un modelo de semaforización alto(rojo), medio(amarillo) bajo(verde)[9].

-Registro Sanitario, obligatorio para cualquier alimento producido y comercializado en el Ecuador, este registro se obtiene en la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria(ARCSA)[10].

- Permiso de funcionamiento de la planta que es emitida por La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA)[11].

## 2.5 Ubicación de la planta propuesta

El lugar donde se construirá la planta se encuentra en la ciudad de Ambato, Provincia del Tungurahua, sector de Huachi El Belen, el galpón estará ubicado entre las calles Rafael Carpio y Lauro Dávila.



*Figura 3.- Contiene la ubicación exacta del galpón contratado*

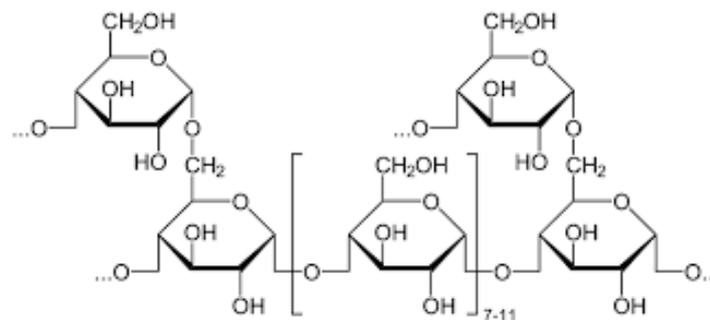
La población aledaña a la planta se contabiliza en alrededor de 200 personas, están ubicadas en los alrededores de la planta, como acceso principal tiene una ruta pavimentada y dos ingresos a la planta que son calles secundarias que tienen empedrado. Por lo tanto, los gastos de adaptación de ingresos de vehículos no son necesarios de considerar debido que ya se encuentran construidas. La ubicación posible de la planta tiene como característica la cercanía de una vía principal de la ciudad de Ambato que es la Av. Luis Anibal Granja, la cual permite la salida de la ciudad por la zona norte hacia la ciudad de Quito y por su salida al sur estaría la ciudad de Riobamba tiene acceso de transporte público y cuenta con todos los servicios básicos.

### **3. Determinación de la formulación del edulcorante**

Las sustancias edulcorantes se utilizan en mezclas, debido a que sus propiedades se potencian, haciendo que el producto sea más estable y permita un dulzor agradable. Es importante determinar una formulación que satisfaga las expectativas de dulzor y estabilidad deseadas para un aditivo alimenticio, para realizar esto es importante conocer la teoría del dulce y el poder edulcorante[12].

### 3.1 Teoría del Dulce

El sabor dulce es uno de los 5 principales sabores; es la sensación que se obtiene a través de las papilas gustativas cuando estas están en contacto con una sustancia edulcorante el concepto de glucógeno fue introducido en el año de 1914 donde se lo relaciono con el concepto del dulzor.



*Figura 4 .- Estructura del glucógeno*

En 1920 se descubrió que existía un grupo donador de hidrógenos lo que permitió que en 1967 se desarrolla la primera teoría molecular del sabor dulce formulada por Shallenberger y Acree esta teoría presenta dos grupos funcionales los cuales actuaran como un donador de protones y un aceptor de protones estos dos grupos forman lo que actualmente se conoce con “gluchophore” que es la parte del edulcorante que reacciona con el receptor . Esto nos lleva a que los sabores son una respuesta del reconocimiento de estructuras moleculares por parte de las papilas gustativas. La teoría de Shallenberger y

Acree describe la formación de dos enlaces de hidrógeno simultáneos como se muestra en la Figura 5 [7].

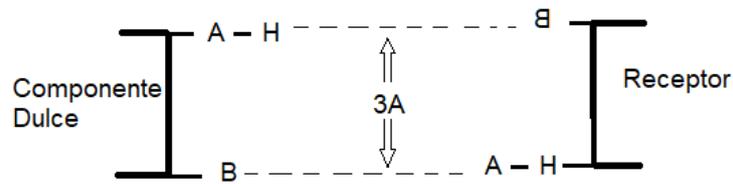
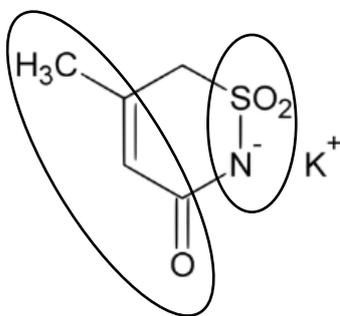
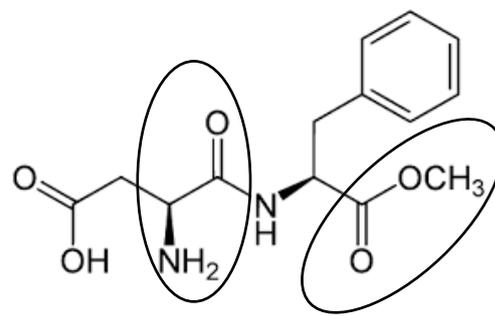


Figura 5 .-Ilustración de la teoría de Shallenberger y Acree

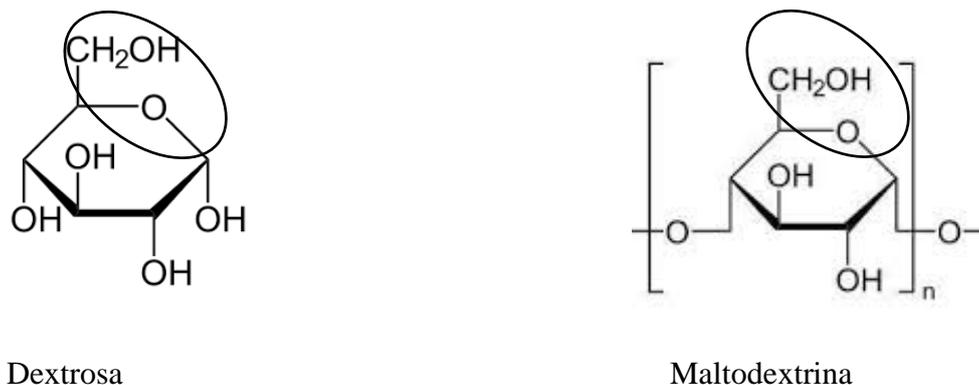
Los enlaces de hidrógeno se producen entre la unidad AH/B de la sustancia edulcorante y la unidad AH/B del receptor del gusto el grupo AH se comporta como un ácido fuerte y B es un grupo aceptor de protones es decir una base fuerte la distancia que existe entre H y B debe ser aproximadamente de 3 A. Cabe recalcar que esta interacción no involucra una transferencia de protones, ni es una interacción electrostática se debe a las fuerzas de dipolo instantáneo-dipolo inducido este es el principal requisito para que las moléculas puedan presentar dulzor.



Acesulfame K

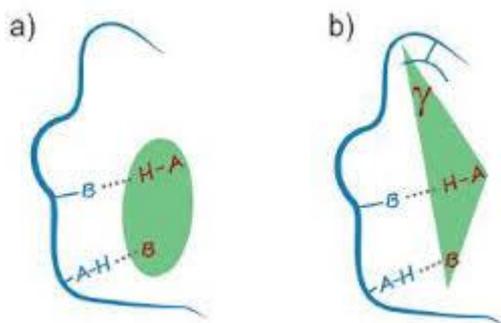


Aspartame



*Figura 6.- Contiene el esquema AH/B*

La Teoría Shallenberger-Acree-Kier añade una tercera dimensión espacial la cual está constituida por un grupo hidrofóbico formando así el llamado triángulo del dulzor. La teoría dicta que en algunos casos la orientación especial del grupo hidrofóbico imposibilita la interacción lo que lo que elimina el dulzor de algunas moléculas.



*Figura 7.- Contiene el esquema tridimensional de Shallenberger Acree Kier*

Posteriores investigaciones demostraron que el grupo hidrofóbico aumenta la percepción del dulzor, sin embargo, no es un factor determinante en el mismo. Ya que simplemente mejora la percepción de dulzor en algunos componentes. Esta estructura se la conoce como la estructura glucófora AH/B/Y de las sustancias edulcorante la estructura glucófora se debe situar de tal manera que se encuentre centrada con respecto al receptor, para que una sustancia tenga un sabor dulce es necesario que la distancia entre A y B sea

de al menos 0.25 nm a 0.40 nm si la distancia es menor el resultado será un sabor amargo.

El conocimiento de esta teoría ha encaminado el estudio de diferentes edulcorantes, que a pesar de sus estructuras completamente diferentes conservan ciertas semejanzas con la sacarosa, esto en algunos carbonos asimétricos lo cual permite obtener las mismas respuestas sensoriales dulces. La sensación dulce se genera debido a una particularidad estérica de las moléculas, las cuales pueden diferir de una dextrógira a una levógira por ejemplo los anómeros de la manosa difieren en sabor ya que la  $\alpha$ -D-manosa es dulce y la  $\beta$ -D-manosa es amarga.

La Nueva Teoría del Sabor, parte de la premisa de que algunas sustancias a pesar de poseer configuraciones similares producen sabores ácidos o salados, por lo cual se ha propuesto que el tamaño molecular es también, una de las condiciones características del sabor. Es importante mencionar, que el volumen molar aparente y el volumen específico aparente, tienen una relación importante en la percepción de los sabores. Los cambios de volumen al disolver un compuesto en agua se reflejan en un empaquetado producido por efecto de las fuerzas electroestáticas, el cual cuenta con la posibilidad de repartirse en el agua y en la membrana receptoras lo que infiere directamente en su sabor. De acuerdo con esta teoría, los azúcares deben tener al menos un volumen aparente específico de 0.60-0.64, mientras que los sabores ácidos, salados, o amargos tienen un volumen específico aparente de 0.30-0.90.

### **3.2 Poder Edulcorante**

La medida de la intensidad del sabor dulce se lleva a cabo mediante la determinación del principio del sabor, esto se realiza con evaluadores entrenados, debido a que los sentidos humanos son inexactos, para la medición se toma una sustancia referencial la cual es la sacarosa azúcar blanca la cual se lo atribuye el valor de 1. La intensidad y la calidad del sabor dulce dependen de factores externos, como son su estructura, la temperatura, el pH, la presencia de sustancias que puedan intervenir con la percepción del sabor, la forma de preparación del edulcorante y la concentración de los edulcorantes.

Existen sustancias que pueden modificar la percepción del dulzor, por ejemplo, el etanol intensifica el sabor dulce de la sacarosa al igual que el dulzor de la fructosa, se intensifica la juntarlo con un ácido.

Cada edulcorante posee limitaciones características que son concentración y sabor característico.

La concentración, es un factor determinante debido a que algunos edulcorantes cambian de percepción de sabor al momento que se supera cierta concentración, por ejemplo: la sacarina, que en concentraciones elevadas produce un sabor amargo. El sabor característico de cada edulcorante depende exclusivamente de su poder edulcorante, por lo cual existe la tendencia a realizar mezclas edulcorantes, que permitan mejorar su estabilidad y ajustar el poder edulcorante.

### 3.3 Formulación

Para realizar una mezcla edulcorante, se debe considerar el poder edulcorante de las materias primas, en la siguiente tabla se detalla la mezcla edulcorante evaluada y la composición porcentual de las materias primas.

*Tabla 2 .-Contiene la formulación de la mezcla edulcorante*

Materias Primas	Poder Edulcorante	% Composicion Porcentual	Mezcla
Dextrosa	0.4	93.60	0.37
Maltodextrina	0.5	2.90	0.015
Acesulfame	200	1.80	0.9
Aspartame	200	1.70	0.9

Se determino el poder edulcorante de la mezcla en relación con el poder edulcorante de una cuchara de sacarosa obteniendo el poder edulcorante de 7.39 lo que representa que 1.0 gramo de mezcla edulcorante equivale a 10 gr de sacarosa que es el contenido a dos cucharas de café, cumpliendo así el objetivo planteado ( $10 \text{ gr azúcar} / 7.39 = 1.3 \text{ gr edulcorante}$ ).

## 4.- Diseño de planta

El diseño de planta se lo realiza basándonos en el proceso expuesto en la Figura 2 las operaciones unitarias más importantes que tenemos en nuestro proceso son mezclado de polvos y empaquetado.

### 4.1 Definición y selección de los equipos

Los equipos seleccionados para la realización de estas operaciones unitarias son una mezcladora de polvos, la cual debe contar con una mezcla de flujo cruzado que tenga una

capacidad que permita procesar al menos 25 Kg de peso, Esto se determinó mediante balances de masa obteniendo una estimación de la producción anual de edulcorante de 40106.88 [Kg/año] o 109.88 [Kg/día] para el mercado de la ciudad de Ambato. En cuanto a la producción en lotes, al contar con un equipo de mezclado que tenga la capacidad 25 kg netos, se podría realizar la producción diaria estimada en tan solo 4 lotes lo que permitiría que la planta opere dentro de las 8 horas establecidas por el gobierno del Ecuador.

La operación unitaria de empaquetado debe realizarse con una empacadora de tipo almohada, esta máquina es la que realiza las presentaciones en “sobre” ya conocidas en el mercado actual, si se desea competir con las marcas ya existentes un empaquetado familiar al consumidor debe ser una prioridad. La empaquetadora debe tener una capacidad de 200 [sobres/hora] para poder realizar el empaquetado completo de la producción diaria en 8 horas de trabajo.

#### **4.2 Equipos previamente disponible análisis de factibilidad**

La máquina mezcladora de polvos de tipo tambor de doble cono, ya se había adquirido por lo cual procedemos a su utilización el equipo cumple con lo necesario para el proceso de mezclado, ya que es de tipo difusivo y existe un buen flujo cruzado con movimientos de rotación, adicionalmente es de fácil carga y descarga, esto es importante ya que nuestra producción en lotes requiere esta característica.[13]



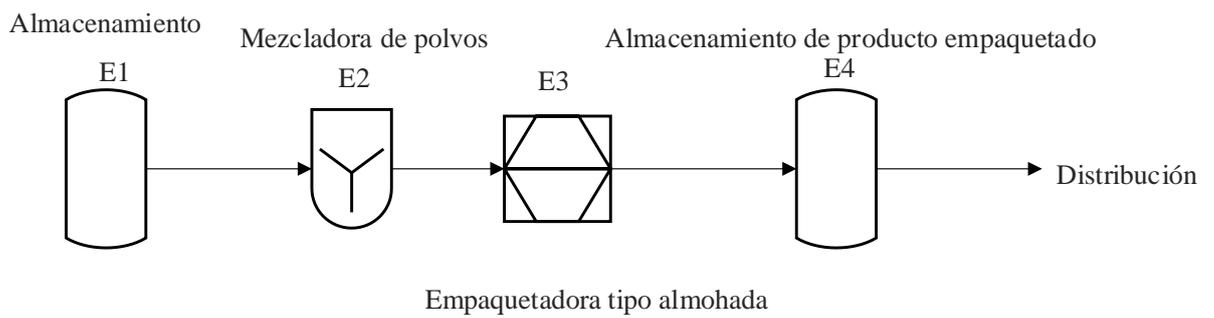
*Figura 8- Contiene la mezcladora de polvos de tipo tambor*

La mezcladora de tipo tambor tiene una capacidad neta es de 25 kg contiene un motor de 0.75 Hp, material de construcción es acero inoxidable, el cual cuenta con una tapa que se sella con la ayuda de un seguro y posee una banda de goma que sirve para sellar herméticamente, esta tapa se asegura con un perno y una tuerca las cuales evitan que exista algún derrame. El equipo es de procedencia nacional, por lo cual en caso de avería es posible contar con las piezas de mantenimiento que permitan que el equipo se encuentre funcionando sin interrupciones.

La empaquetadora dosificadora tipo almohada es un equipo importado. El material de construcción es acero inoxidable, este equipo cuenta con una balanza incorporada la cual ayuda a dosificar cada uno de los sobres que contendrán el edulcorante no calórico con un peso neto de 1 gr, la velocidad de empaclado es de 300 sobres/minuto. Se ha adquirido los repuestos de las piezas que suelen ser reemplazadas con más frecuencia lo que nos asegura tener el funcionamiento de esta máquina sin interrupciones.



*Figura 9.- Empaquetadora tipo almohada*



*Figura 10.- Contiene el diagrama de flujo de los equipos propuestos para la planta*

### 4.3.-Modo de Operación de la Planta.

Se plantea la operación de la planta se la plantea como una operación discontinua de tipo batch, ya que se trabajará con lotes de producción. Se necesitara la presencia de mínimo dos operarios los cuales se encargaran de la dosificación de la mezcla, la cual ingresara a la mezcladora de polvos; al terminar esta operación la mezcla ya incorporada se colocara directamente en la maquina empaquetadora de tipo almohada, la cual se encargara de realizar la separación de la mezcla en porciones de 1 gr como se muestran en la Figura 11.



*Figura 11.- Contiene la empaquetadora de tipo almohada*

Una vez terminado el proceso de empaquetado se procederá a colocar 200 sobre en cada caja, cabe destacar que la maquina empaquetadora de almohada posee un contador, pero debido a la geometría del sobre es necesario que este sea acomodado por un operario, el cual deberá inspeccionar la caja y asegurarse que existan 200 sobres dentro de la misma posteriormente se revisara el peso total de la caja para asegurarse que no exista fallas en la cantidad de producto empaquetado.



*Figura 12.- Contiene la unidad de Producción*

## 5 .Análisis económico

Para determinar la factibilidad de la planta se procede a realizar el análisis económico a través de los coeficientes de Lang para lo cual se utiliza la metodología del anexo 3 a continuación se detalla todos los resultados obtenidos

Para obtener los costos de inversión fijo se recurrió a la metodología de Lang obteniendo los valores que se resumen en la siguiente tabla:

*Tabla 3.- Contiene los costos de inversión fija*

<b>Cálculo de costos</b>		
<b>Costos de construcción</b>		
	<b>Rubros</b>	<b>Costos de inversión</b>
inversión Fija	Maquinarias y Equipos	Costos [USD \$]
	Mezcladora de Polvos tipo Tambor de doble cono	4,500
	Empaquetadora de Polvos	13,500
	Arriendo	6,000
	Generador eléctrico	1,800
	<b>Subtotal - Máquinas y Equipos</b>	<b>25,800</b>
	Principales	Montaje de equipos
instrumentación y Control		300

	Trabajo eléctrico	200
	Subtotal - Principales	600
	<b>Costos de construcción</b>	<b>26,400</b>
inversión en equipos	10% Imprevistos	2,640
	<b>Costo Total de construcción</b>	<b>29 040.00</b>

Los costos de producción de una unidad de producción se encuentran resumidos en la tabla 4 la cual muestra, que el precio final será de 1.81 dando como resultado un precio de producción bajo y que se encuentra muy por debajo del precio de venta al público de todos los edulcorantes, que se encuentran en el mercado actualmente, cumpliendo el objetivo, de presentar un precio de venta al público accesible para los consumidores ecuatorianos. También es necesario considerar que las maquinas

*Tabla 4.- Costo de la Unidad de Producción*

<b>Costo de la Unidad de Producción [USD \$]</b>		
Dextrosa	0.19	0.15
Maltodextrina	0.01	0.01
Acesulfame	0.00	0.04
Aspartame	0.00	0.06
Caja	0.65	0.65
<b>Total</b>		<b>1.81</b>

Se plantea una recuperación de la inversión rápida, debido al rango de precio que se manejan los otros edulcorantes comercializados nacionalmente, lo cual se resume en la tabla 7 en la que podemos destacar el margen de ganancia esperado es del 87.50 % .

*Tabla 5.- Contiene el margen de ganancia*

<b>Precio de Venta al Público[USD]</b>	<b>Precio de producción[USD]</b>	<b>Margen de Ganancia[%]</b>	<b>Producción Anual[USD]</b>	<b>Ganancia Estimada[USD]</b>
\$8	\$1.81	87.50%	24000	148560

Se plantea la recuperación de la inversión en un año ya que al realizar la venta de toda una producción anual se obtendría 148,560.00 dólares lo cual permitiría recuperar por completo la inversión realizada. La mezcla edulcorante posee la capacidad competitiva para luchar un puesto en el mercado nacional de edulcorantes ya que si la comparamos con otras marcas comerciales como se muestra en la tabla 6 este tiene como característica un precio más bajo que las marcas comercializadas donde predomina el uso de Stevia como edulcorante no calórico.

*Tabla 6.- Contiene las marcas ya comercializadas de Edulcorantes*

Tipo de endulzante	Marca	Presentación	Tamaño	Sobres	Precio[USD \$]
Stevia	Sanna	Cartón	200g	200	\$3.69
	Stevia life	Cartón	200g	200	\$12.88
	S'tevia S'bela	Cartón	200g	200	\$10.49
<b>Endulzantes Artificiales No calóricos</b>					
Stevia	Splenda	Cartón	200g	200	\$13.83
	Supermaxi	Cartón	200g	200	\$9.29
	Sweet 'N low	Cartón	200g	200	\$17.99
<b>Promedio</b>					<b>\$11.36</b>

En la siguiente tabla se resume el plan de recuperación de la inversión lo cual nos permite determinar que es posible la recuperación de la inversión dando como resultado una ganancia neta de 148,560.00 USD. También debemos resaltar el hecho de que se tomó el precio de venta al público con un valor de 8.00 USD, pero el precio promedio de la presentación comercial de otras marcas es 11.36 USD.

Tabla 7.- Contiene la recuperación de inversión

<b>Recuperación de inversión</b>	
inversión dividida para 4 años	7260[USD]
Costos de producción [1 año]	75778.88[USD]
Estimación de venta de producción [1 año]	148560.00[USD]
<b>Ganancia Neta</b>	<b>80041.12[USD]</b>

## 6 Conclusiones

Se determinó una formulación que permite conservar la experiencia de dulzor similar al de la azúcar, pero con un valor calórico igual a cero. La mezcla de *Acesulfame K* y *Aspartame*; permite reducir los costos del producto y no deja residuos de sabores amargos o metálicos, como lo tienen otros productos del mercado.

El diseño de planta contemplo la utilización de los equipos previamente adquiridos por el realizador de este proyecto, lo cual permite utilizar esa inversión en favor del costo final, convirtiéndose en un ahorro para el proyecto y a la vez no necesite la incorporación de otros equipos para la elaboración del edulcorante no-calórico formulado.

La evaluación económica determinó la viabilidad del proyecto y la elaboración del producto a un valor muy competitivo en el mercado, que fue uno de los objetivos principales en este proyecto.

El margen de utilidad es del 85 %, lo cual nos permite un retorno de la inversión en muy corto tiempo, así como también tener un flujo de caja que nos facilitara hacer inversiones en equipamiento para cubrir la futura demanda del producto en Ambato.

## 7 Anexos

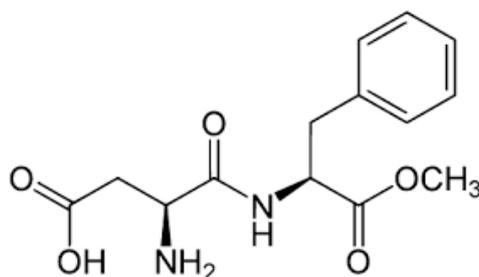
### Anexo A

#### Formulación del Edulcorante

Para realizar la formulación del Edulcorante se consideró las propiedades organolépticas de las materias primas las cuales se detallan a continuación.

#### Propiedades Fisicoquímicas del *Aspartame*

El *Aspartame* es una sustancia edulcorante No-calórica es un dipéptido formado por fenilalanina y ácido aspártico cuyo poder edulcorante es de 200 veces más dulce que el azúcar es un polvo de color blanco cristalino e inodoro



*Figura A1.-Estructura del Aspartame*

#### Tabla de propiedades Fisicoquímicas

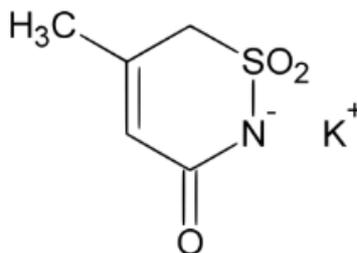
*Tabla A1.-Contiene las de propiedades fisicoquímicas del Aspartame*

Propiedades Fisicoquímicas del Aspartame	
Nombre Químico	N-L- $\alpha$ -aspartil -L-fenilalanina-1-metil éster
Punto de Fusión	246 °C

Máxima Solubilidad	pH 2,2 a 25 °C
Mínima Solubilidad	pH 5,2 a 25 °C
Solubilidad en Alcohol	Ligeramente soluble
Solubilidad en Cloroformo	Poco Soluble

El costo del Aspartame en el mercado nacional es de \$ 17.36 dólares por cada kilo de producto y su presentación comercial es de 25 Kg por lo cual su precio por gramo será de \$ 0.01736 debido a sus características edulcorantes y precio es una de las materias primas seleccionadas para la mezcla edulcorante.

#### Propiedades Fisicoquímicas del Acesulfame K



*Figura A2.-Estructura del Aspartame*

El Acesulfame K es una sustancia edulcorante No-calórica es un derivado potásico del ácido acetoacético y el ácido sulfámico posee un poder edulcorante de 200 este producto se lo combina con otros edulcorantes lo cual hace que su dulzor se vea potenciado siendo su pareja perfecta el uso de Aspartame ya que este disminuye su sabor amargo haciéndolo casi imperceptible.

## Tabla de Propiedades Fisicoquímicas

*Tabla A2.-Contiene las de propiedades fisicoquímicas del Acesulfame K*

Propiedades Fisicoquímicas del Acesulfame K	
Nombre Químico	5-6-dimetil-1, 2, 3,oxatizaina-4(3h)- ona2,2 dióxido
Punto de Fusión	246 °C
Máxima Solubilidad	pH 5.2 a 25 °C
Mínima Solubilidad	pH 7.5 a 25 °C
Solubilidad en Alcohol	Ligeramente soluble
Solubilidad en Cloroformo	Ligeramente soluble

EL costo del Acesulfame K en el mercado nacional es de \$ 11.00 por Kg y su presentación comercial es de 25 Kg por lo cual su costo por gramo es de \$ 0.011 debido a sus características edulcorantes y su precio además de ser el complemento perfecto del Aspartame se ha seleccionado esta materia prima.

### Uso de Excipientes

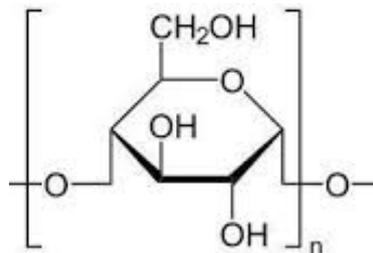
Para realizar la mezcla edulcorante se consideró su dosificación considerando el poder edulcorante de la mezcla de Acesulfame K y Aspartame la cantidad necesaria para cumplir con el poder edulcorante de dos cucharadas es muy pequeña, , debido a que la

maquina seria sumamente costosa por la sensibilidad que debería tener su dosificador por lo cual es uso de excipientes será obligatorio.

### Excipientes

Los Excipientes que utilizaremos serán la *Maltodextrina* y *Dextrosa* estas dos sustancias poseen características físicas y químicas sumamente importantes ya que nos permitirán una dosificación más fácil porque al aumentar la cantidad de mezcla en el edulcorante y evita perdidas de dulzor, ya que al ser excipientes cuentan con un poder edulcorante bajo.

### Propiedades Fisicoquímicas de la Maltodextrina



*Figura A3.-Contiene la estructura molecular de la Maltodextrina*

La *Maltodextrina* es una sustancia antiapelmazante de color blanco en polvo , la cual se utiliza en mezclas de edulcorantes fuertes debido a su capacidad de mejorar el trabajo de los endulzantes a nivel sensorial la cual permite que los sabores metálicos y astringentes se pierdan totalmente mejorando así el sabor esta es la principal razón por la cual se ha seleccionado esta materia prima.

### Tabla de propiedades Fisicoquímicas

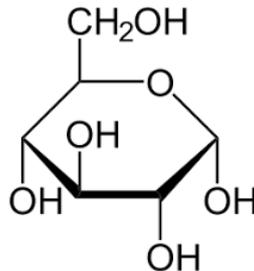
*Tabla A3.-Contiene las de propiedades fisicoquímicas de la Maltodextrina*

Propiedades Fisicoquímicas del Maltodextrina	
Nombre Químico	Poli-(1-4)- $\alpha$ -D-glucosa

Punto de Fusión	240 °C
Máxima Solubilidad	pH 4.5 a 25 °C
Mínima Solubilidad	pH 6.5 a 25 °C
Solubilidad en Alcohol	Ligeramente soluble
Solubilidad en Cloroformo	Ligeramente soluble

El costo por kilo en el mercado nacional es de \$ 1.80 , la presentación comercial es de 25 kg con un costo de \$ 45 , por lo cual su precio por gramo es de \$ 0.0018.

Propiedades Fisicoquímicas de la *Dextrosa*



*Figura A4.-Contiene la estructura molecular de la Dextrosa*

La Dextrosa es un carbohidrato simple en estado sólido siendo esta un polvo de color blanco es una sustancia edulcorante la cual se utilizará en la mezcla edulcorante ya que esta sustancia es de absorción rápida permaneciendo en el torrente sanguíneo por un corto tiempo después de haber sido ingerida esta se almacena en los músculos como glucógeno muscular y en el hígado como glucógeno hepático

## Tabla de propiedades Fisicoquímicas

*Tabla A4.-Contiene las de propiedades fisicoquímicas de la Dextrosa*

Propiedades Fisicoquímicas del Dextrosa	
Nombre Químico	2,3,4,5,6-Pentahydroxyhexanal
Punto de Fusión	146 °C
Máxima Solubilidad	pH 7.0 a 25 °C
Mínima Solubilidad	pH 6.0 a 25 °C
Solubilidad en Alcohol	Ligeramente soluble
Solubilidad en Cloroformo	Ligeramente soluble

El costo en el mercado nacional de la *Dextrosa* por kilo es de \$ 0.80 su presentación comercial es de 25 kg la cual cuesta \$ 36 por lo cual costo por gramos es de \$ 0.00144.

### Sabor de la Mezcla

Al ser un aditivo alimenticio que sea de agradable sabor es sumamente importante ya que de su sabor dependerá su éxito en ventas por lo cual es importante el uso de *Maltodextrina* ya que este carbohidrato permite una mejor palatabilidad lo cual potencia el sabor de la mezcla edulcorante y eliminando cualquier posible sabor adverso que pueda presentar el *Acesulfame K* ya que este a altas concentraciones posee un sabor amargo. El ad

### Formulación de la Mezcla Edulcorante

Para realizar la mezcla edulcorante es necesario considerar el poder edulcorante el cual se determina de manera comparativa es decir se la compara sensorialmente con el edulcorante más consumido sacarosa o azúcar de mesa al cual se le da un poder

edulcorante de 1 por gramo de sacarosa, por lo tanto, cuando nos referimos a poder edulcorante debemos considerar esta relación.

Poder Edulcorante de las Materias Primas

*Tabla A5.-Contiene el poder edulcorante de las materias primas*

Materias Primas	Poder Edulcorante
Dextrosa	0.4
Maltodextrina	0.5
Acesulfame	200
Aspartame	200

Para realizar el cálculo de la formulación se consideró el valor de dos cucharaditas de azúcar cada una de estas cucharaditas posee 5 gr por lo tanto la cantidad de sacarosa será de 10 gr lo que equivale directamente a 10 este es el poder edulcorante que deseamos obtener con la mezcla edulcorante. Para lo cual consideramos una composición porcentual sabemos que el *Aspartame* y *Acesulfame K* se recomienda una composición 1:1 por lo cual se realizara el cálculo para determinar cuál mezcla edulcorante posee un poder edulcorante de 10 o su valor más cercano el cual debe tener un buen sabor.

Primera aproximación a la Formulación para realizar esto se consideró varias mezclas las cuales obligatoriamente recibirán un valor 1:1 en composición porcentual de *Acesulfame K* y *Aspartame* se realizó 4 mezclas edulcorantes las cuales se detallan en la tabla 6.

*Tabla A6.-Contiene las mezclas realizadas*

Mezcla 1			
Materias Primas	Poder Edulcorante	Composición Porcentual[m/w]	Mezcla [m/w]
Dextrosa	0.4	50.00	0.200
Maltodextrina	0.5	50.00	0.250
Acesulfame K	200	1.00	2.000
Aspartame	200	1.00	2.000
Poder Edulcorante			4.450
Mezcla 2			
Dextrosa	0.4	50.00	0.200
Maltodextrina	0.5	50.00	0.250
Acesulfame K	200	2.00	4.000
Aspartame	200	2.00	4.000
Poder Edulcorante			8.450
Mezcla 3			
Dextrosa	0.4	50.00	0.200
Maltodextrina	0.5	50.00	0.250

Acesulfame K	200	3.00	6.000
Aspartame	200	3.00	6.000
Poder Edulcorante			12.450
Mezcla 4			
Dextrosa	0.4	50.00	0.200
Maltodextrina	0.5	50.00	0.250
Acesulfame K	200	4.00	8.000
Aspartame	200	4.00	8.000
Poder Edulcorante			16.450

Se conservo valores de *Acesulfame* y *Aspartame* con un valor 1:1, 2:2, 3:3, 4:4 y conservando la cantidad de *Maltodextrina* y *Dextrosa* en un 50:50 obteniendo los valores detallados en la Tabla 6 para obtener el valor del poder edulcorante se utilizó la herramienta "Goalseek" obteniendo una solución numérica la cual se encuentra en la tabla 7.

*Tabla A7.-Contiene la mezcla resuelta con la herramienta de "goalseek"*

Mezcla 2			
Materias Primas	Poder Edulcorante	composición Porcentual [m/w]	Mezcla [m/w]
Dextrosa	0.4	201.22	0.805

Maltodextrina	0.5	239.03	1.195
Acesulfame K	200	2.00	4.000
Aspartame	200	2.00	4.000
Poder Edulcorante			10.000

Al ser una composición porcentual constatamos que no es posible que exista un 200% ya que la base de nuestro calculo en un porcentaje siempre será el valor de 100 % por lo cual la solución expuesta por solver debe ser limitada ciertos criterios técnicos . Primero como ya se mencionó la composición porcentual no puede superar el valor de 100 % , adicionalmente la cantidad de *Maltodextrina* a colocar debe ser de un máximo de 3 % esto debido a que al ser un almidón en muy altas concentraciones llega a ser desagradable debido a que aumenta la viscosidad , también se considera que la relación entre el Aspartame y Acesulfame sea cercana a 1:1 por lo cual se plantea la siguiente formulación.

*Tabla A8.-Contiene la mezcla resuelta con la herramienta de "goalseek" con condiciones*

Mezcla Resuelta por goalseek			
Materias Primas	Poder Edulcorante	Composición Porcentual[m/w]	Mezcla[m/w]
Dextrosa	0.4	90.00	0.360
Maltodextrina	0.5	2.90	0.015
Acesulfame K	200	2.41	4.813

Aspartame	200	2.41	4.813
Suma Porcentual		97.71	
Poder Edulcorante			10.000

Al realizar esta corrección podemos observar que existe una incoherencia en la suma porcentual, ya que no llegamos a obtener un 100 % en la composición porcentual por lo cual esta mezcla edulcorante no será posible.

Se realizo la siguiente mezcla edulcorante siguiendo el modelo antes mencionado, pero agregando 3 % más de *Dextrosa* y menorando las cantidades de *Acesulfame K* y *Aspartame* a un 1.5% respectivamente igualmente al realizar esta formulación nos encontramos con el mismo inconveniente por lo cual se decidió aumentar la cantidad de *Acesulfame K* y *Aspartame* a un 1.7%

*Tabla A9.-Contiene la mezcla final con 1.7% Acesulfame K y Aspartame.*

Mezcla Final			
Materias Primas	Poder Edulcorante	Composición	
		Porcentual [m/w]	Mezcla [m/w]
Dextrosa	0.4	93.60	0.374
Maltodextrina	0.5	2.90	0.015
Acesulfame K	200	1.80	3.600
Aspartame	200	1.70	3.400
Suma Porcentual		100.00	

Poder Edulcorante	7.390
-------------------	-------

Al realizar la evaluación de la mezcla edulcorante se llegó a un 100% de composición porcentual, pero con un poder edulcorante de 7.390 lo cual al compararlo con los 10 gr de sacarosa nos da el valor de 1.3 gramos de mezcla edulcorante lo cual deberá ser evaluado por una prueba sensorial.

## Anexo B

### Balance de masa

Para realizar el balance de masa tomamos la base de cálculo igual a 40.106.88 [Kg] al año esto debido a la cantidad de personas que padecen de diabetes en la Ciudad de Ambato y a la cantidad de gramos que consumen en un día que son 8 [gr]. Para cumplir esta demanda debemos conocer cuál debería ser nuestra producción diaria utilizando factores de conversión como se detalla en la tabla 1.

*Tabla B1.-Contiene las conversiones realizadas para el balance de masa .*

40.106,80 [Kg]	1 [año]	1 [mes]
[año]	12 [meses]	20 [días]

Dando como resultado 167,11[kg/día] al transformar este valor a sobres de producción diaria obtenemos 348 [sobres/min].

*Tabla B2.-Contiene el cálculo de los sobres por minuto*

167110 [g]	1 [día]	1 [hora]	348.00 [sobres/min]
[día]	8 horas	60 [minutos]	

Para realizar la producción de 348.00 sobres por minuto debemos conocer la capacidad de producción del equipo mezclador el cual cuenta con una capacidad máxima de 25 [Kg] debido a esto utilizaremos esta capacidad como un factor de conversión el cual nos permitirá determinar cuántas mezclas Batch lograremos en 8 horas de trabajo lo cual está regulado por la legislatura ecuatoriana.

*Tabla B3.-Contiene el cálculo de la producción batch.*

167,11 [kg]	1 [batch]	6.68 [batch/día]
[día]	25 [kg]	

Este análisis nos demuestra que es imposible cumplir esta producción diaria debido a nuestro tiempo de operación el cual es de 2 horas esto debido a las diferentes operaciones unitarias y procesos por los cuales debe pasar la materia prima para convertirse en el producto final. Por lo tanto, modificando los cálculos considerando el tiempo de operación lo que limita la producción porque la capacidad máxima de la mezcladora de polvos es de 25 Kg lo que a su vez refleja que la máxima cantidad de Kg que se pueden realizar en un día son 100 Kg.

*Tabla B4.-Contiene el cálculo de la producción anual*

100[Kg]	20 [días]	12 [meses]	24000[Kg/año]
día	1 [mes]	1[año]	

Por lo cual la producción de la Planta será de 24000 [Kg/año] para cumplir la demanda esperada se debe producir 1.67 [años] .

*Tabla B5.-Contiene el cálculo de las cajas por año*

24000000[sobres]	1 [caja]	120000[cajas/año]
[año]	200 [sobres]	

Esta será la producción anual en cajas de nuestra unidad de producción este valor se lo utilizará para el posterior análisis económico.

### Anexo C

#### Método de Estimación por coeficientes de Lang

Se realizó el análisis de costo a través de los coeficientes de estimación de Lang debido a esto se determinó cada uno de los coeficientes necesarios para cada maquinaria y equipo este cálculo se lo detalla en la tabla 1.

*Tabla C1.-Análisis de Costos por coeficientes de Lang*

Cálculo de costos		
Costos de construcción		
	Rubros	Costos de inversión[USD]
Inversión Fija	Maquinarias y Equipos	Costos[USD]
	Mezcladora de Polvos tipo Tambor de doble cono	4500
	Empaquetadora de Polvos	13500
	Arriendo	6000
	Generador eléctrico	1800
	<b>Subtotal - Máquinas y Equipos</b>	<b>25800</b>
	Principales	Montaje de equipos
Instrumentación y Control		300
Trabajo eléctrico		200
<b>Subtotal - Principales</b>		<b>600</b>

	<b>Costos de construcción</b>	<b>26400</b>
Inversión en equipos	10% Imprevistos	2640
	<b>Costo Total de Construcción</b>	<b>29040</b>

Con los valores obtenidos del mercado nacional se calculó el costo de la materia prima anualmente el valor obtenido es de 31058.88.

*Tabla C2.-Análisis de Costos de la materia prima*

<b>Costos de materia prima anuales</b>				
<b>Rubro</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio/ Unidad</b>	<b>Costo anual [USD]</b>
Maltodextrina	696.00	Kg	1.8	1252.80
Dextrosa	22464.00	Kg	0.8	17971.20
Acesulfame K	432.00	Kg	11	4752.00
Aspartamo	408.00	Kg	17.36	7082.88
<b>Costo total de materia prima</b>				<b>31058.88</b>

Para realizar el cálculo del costo de mano de obra se consideró la legislación ecuatoriana y se obtuvo los valores que se detallan en la Tabla C3.

*Tabla C3.-Análisis de Costos por mano de obra*

<b>Costos de mano de obra anuales</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo / mes</b>	<b>Costo anual [USD]</b>
Operario	2	400	800
		<b>Subtotal</b>	<b>4800</b>
		Décimo Tercero	1200
		Décimo Cuarto	800
		Aporte IESS	240
		<b>Total</b>	<b>7840[USD]</b>

Considerando la producción anual obtenida en el Anexo C se obtuvo el valor que se detalla en la Tabla C4 en la cual se realizó una suma de los materiales directos y servicios más la mano de obra obtenida en la Tabla C3 tal valor se detalla a continuación.

*Tabla C4.-Costos de Producción Anual*

<b>Costos de producción anuales</b>	
Materiales directos y servicios [USD]	67938.88[USD]
Mano de obra [USD]	7840.00[USD]
<b>Total</b>	<b>75778.88[USD]</b>

En la siguiente tabla se detalla el costo de inversión total y los costos de producción ya expuestos anteriormente lo que nos permite obtener un costo total de inversión de 104818.88 [USD].

*Tabla C5.-Costos Totales*

<b>Costo de inversión total + Costos de producción en 1 año</b>	
Inversión [USD]	29040.00[USD]
Costos de producción [1 año][USD]	75778.88[USD]
<b>Costos totales</b>	<b>104818.88[USD]</b>

Se realizó la recuperación de la inversión dividiendo la inversión para 4 años. Adicionalmente se sumó los costos de producción y se obtuvo una estimación de la venta lo que nos da un valor de ganancia neta de 80041.12 [USD].

*Tabla C6.-Recuperacion de la Inversión*

<b>Recuperación de inversión</b>	
inversión dividida para 4 años	7260[USD]
Costos de producción [1 año]	75778.88[USD]
Estimación de venta de producción [1 año]	148560.00[USD]
<b>Ganancia Neta</b>	<b>80041.12[USD]</b>

El valor de la venta estimada se obtuvo considerando el costo de la unidad de producción y el margen de ganancia detallados en la tabla C6 y C7 obteniendo un margen de ganancia de un 87.50 % .

*Tabla 7.-Costo de la unidad de producción*

<b>Costo de la Unidad de Producción</b>		
<b>Materia Prima</b>	<b>Costo por Unidad de Producción[USD]</b>	<b>Costo[USD]</b>
Dextrosa	0.19	0.15
Maltodextrina	0.01	0.01
Acesulfame	0.00	0.04
Aspartame	0.00	0.06
Caja	0.65	0.65
<b>Total</b>		<b>1.81</b>

*Tabla C8.-Contiene el análisis del precio de venta al público y la ganancia estimada*

<b>Precio de Venta al Publico[USD]</b>	<b>Precio de producción[USD]</b>	<b>Margen de Ganancia[%]</b>	<b>Producción Anual[USD]</b>	<b>Ganancia Estimada[USD]</b>
8	1.81	87.50%	24000	148560

Por lo tanto, al realizar este análisis económico y considerando la frecuencia de comprar de los edulcorantes nacionalmente se obtuvo un tiempo de recuperación de 2 años.

## Anexo D

### Maquina mezcladora de Tipo Tambor



Estado	Nueva
Material de Construcción	Acero Inoxidable
Motor	0.75 [ Hp]
Capacidad Máxima	25 [Kg]
Voltaje	220 [V]/50 [H]
Peso	70 [Kg]

## Anexo E

## Maquina Empaquetadora de Tipo Almohada



Marca	Jieding
Material	Acero Inoxidable
Tipo de sellado	Tres lados sellados
Dosificado	1 ~ 100[g] ( $\pm 0,2$ [g])
Anchura de película de	5-20[cm].
Longitud de Empaquetado	2 ~ 16[cm]
Dimensión de la máquina	42*50*145 [cm]
Fuente de alimentación	220[V]/50[Hz]
Consumo de energía	350[W]
Peso de la máquina	90 [Kg]

## Referencias

- [1] OMS, “Nota informativa sobre la ingesta de azúcares recomendada en la directriz de la OMS para adultos y niños,” *Oms*, p. 6, 2015, [Online]. Available: [https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugar\\_intake\\_information\\_note\\_es.pdf](https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugar_intake_information_note_es.pdf).
- [2] P. D. E. Titulación, P. A. La, and O. Del, “CARRERA DE MARKETING TÍTULO : Análisis del comportamiento de compra de la categoría de endulzantes en la ciudad de Guayaquil , Caso de estudio : ‘ Hogares ’. AUTOR ( ES ): Falcones Cevallos , Kevin Leonel Robalino Andrade , Ericka Daniella TÍTULO DE INGEN,” *Análisis del Comport. compra la Categ. endulzantes en la Ciudad Guayaquil*, vol. 1, p. 223, 2016, [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6301/1/T-UCSG-PRE-ESP-CIM-228.pdf>.
- [3] C. de I. de la C. de A. del E. CINCAE, “Informe Anual 2016 de la Industria Azucarera del Ecuador,” *informe*, vol. 1, p. 70, 2017, [Online]. Available: <https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Informe-Anual-2016.pdf>.
- [4] M. Villalba, “Consumidor, azúcar y edulcorantes, algunas claves para la innovación en alimentación,” *Consum. azúcar y edulcorantes, algunas claves para la innovación en Aliment.*, vol. 1, p. 2, 2018, [Online]. Available: <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/azucar-edulcorantes-innovacion-alimentacion/>.
- [5] Diario el Telégrafo, “Produccion de caña de azúcar en 29 zonas del Ecuador,” p. 8, 2012.
- [6] S. V Molinary and M. E. Quinlan, *Sweeteners and Sugar Alternatives in*. 2012.
- [7] B. Crammer and R. Ikan, “Properties and syntheses of sweetening agents,” *Chem. Soc. Rev.*, vol. 6, no. 4, pp. 431–465, 1977, doi: 10.1039/CS9770600431.
- [8] M. Carocho, P. Morales, and I. C. F. R. Ferreira, “Natural food additives: Quo vadis? - 1-s2.0-S0924224415001508-main.pdf,” *Nat. food Addit. Quo vadis?*, vol. 1, p. 45, 2015, [Online]. Available: [http://ac.els-cdn.com/S0924224415001508/1-s2.0-S0924224415001508-main.pdf?\\_tid=45d4048e-7655-11e5-9546-00000aab0f26&acdnat=1445254612\\_c9894fbf6530dd3d5290c37a51efea74](http://ac.els-cdn.com/S0924224415001508/1-s2.0-S0924224415001508-main.pdf?_tid=45d4048e-7655-11e5-9546-00000aab0f26&acdnat=1445254612_c9894fbf6530dd3d5290c37a51efea74).
- [9] MAGAP, “Acuerdo 394: Regular y Controlar el precio del litro de leche cruda pagado en finca y/o centro de acopio al productor y promover la calidad e inocuidad de la leche cruda,” no. 111, p. 10, 2013, [Online]. Available: [www.magap.gob.ec](http://www.magap.gob.ec).
- [10] República del Ecuador, “Derechos del buen vivir,” *Const. del Ecuador*, p. 132, 2008.

- [11] D. Constitución and D. República, “Segundo Suplemento -- Registro Oficial N° 91 -- Lunes 30 de septiembre de 2013 --,” pp. 4–6, 2013.
- [12] R. Lemus-Mondaca, A. Vega-Gálvez, L. Zura-Bravo, and A. H. Kong, “Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects,” *Food Chem.*, vol. 132, no. 3, pp. 1121–1132, 2012, doi: 10.1016/j.foodchem.2011.11.140.
- [13] Bachiller, “Equipo mezclador en V,” *Maquinarias*, 2020. <https://bachiller.com/es/mezcladores-de-solidos-y-polvos/mezclador-en-v-de-tambor-rotativo/> (accessed Jun. 01, 2020).

### **Agradecimiento**

Quiero agradecerle a Libio y Caty, mis padres, quienes siempre han estado a mi lado en los más duros momentos; agradezco el esfuerzo que todos los días hacen para que nunca nos falte nada. Le agradezco a Emilia, mi hermana, quien con sus consejos y recomendaciones me ayudó a ver las cosas de una manera más responsable. Le agradezco A mis abuelos Fiqui y Lidi quienes siempre rezaron y se preocuparon por nuestra seguridad en cada ida y retorno a Quito.

Quiero agradecer a Leslie a quien Dios colocó en el tiempo correcto; agradezco que nuestros caminos se hayan cruzado. Gracias por motivarme con tu amor, tus palabras, y contagiándome de tu sentido de responsabilidad en el momento más difícil, cuando estuve a punto de rendirme, Tú te has convertido en la persona más especial de mi vida gracias por ser mi complemento y nunca rendirte conmigo.

Gracias a todos mis profesores quienes siempre buscaron nuestra enseñanza, pero de manera especial a : Gustavo, Dani, José y Juan Diego quienes siempre tuvieron un momento para escuchar, aconsejar y regañar cuando fue necesario. A mis compañeros de clase y amigos, con quienes pasé momentos muy agradables y que no olvidaré jamás. A todas las personas que estuvieron a mi lado en toda la carrera y a aquellos que perdí en el camino, gracias por haberme apoyado con su amor, consejos y preocupación; gracias por sus palabras de aliento que me motivaron para continuar.

*Christian Rolando Cornejo Guerrero*