

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Estudio de prefactibilidad de una planta industrial para la
producción de yogurt con colorante natural extraído de la
semilla del aguacate para los niños en edad escolar**

Kevin Fernando Tayo Cargua

Ingeniería Química

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

Mayo 2020

Quito, 4 de Mayo de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

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

**Estudio de prefactibilidad de una planta industrial para la
producción de yogurt con colorante natural extraído de la
semilla del aguacate para los niños en edad escolar**

Kevin Fernando Tayo Cargua

Nombre del profesor, Título académico

PhD Juan Diego Fonseca

Quito, 10 de Mayo 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: Kevin Fernando Tayo Cargua

Código: 00115260

Cédula de identidad: 1722580485

Lugar y fecha: Quito, Mayo 10 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UNPUBLISHED DOCUMENT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

Se ha realizado el diseño de una planta industrial para, la producción de yogurt con colorante natural extraído de la semilla del aguacate, y un análisis económico de la misma. Para determinar la capacidad de la planta de producción se realizó balances de masa para los procesos de yogurt y colorante natural. Para el diseño de la planta industrial se ha determinado las operaciones unitarias a llevarse a cabo. Una vez establecido los procesos de producción se seleccionó y dimensionó los equipos necesarios para la manufactura de los productos. Por último se realizó el análisis económica del proyecto encontrando que el proyecto es viable para recuperar la inversión inicial, porque se recupera en 4.77 años con ganancias al quinto año, pero respecto a producción no están viable ya que se tiene que reinvertir los ingresos en los principales equipos, ya que la maquinaria se habrá depreciado.

Palabras Claves: análisis económica, ingresos, maquinaria, manufactura.

Abstract

The design of an industrial plant for the production of yogurt with natural dye extracted from the avocado seed has been carried out, and an economic analysis of it. To determine the capacity of the production plant, mass balances were made for the yogurt and natural coloring processes. The unit operations to be carried out have been determined for the design of the industrial plant. Once the production processes were established, the equipment and machinery necessary for the manufacture of the products were selected and dimensioned. Lastly, the economic evaluation of the project was carried out, finding that the project is viable to recover the initial investment, because it is recovered in 4.77 years with profits in the fifth year, but with respect to production, they are not viable since the income in the main equipment, since the machinery will have depreciated.

Key Words: economic evaluation, income, machinery, manufacturing.

Tabla de contenido

Resumen	5
Abstract	6
Capítulo 1. Introducción	11
1.1. Antecedentes.....	11
1.2. Justificación	13
1.3. Resultados Esperados.....	14
2. Objetivos.....	15
2.1. Objetivos específicos	15
Capítulo 2. Determinación de los procesos industriales	16
2.1.1. Descripción de producto.....	16
2.1.2. Descripción de materias primas.....	17
2.1.3. Limitación Externa	18
2.1.3.1. Normas INEN	19
2.1.3.2. Norma 9:2012	19
2.1.3.3. Normas INEN 10:2012.....	19
2.1.3.4. Norma INEN 2395:2011.....	19
2.1.3.5. Norma INEN 1334:2011.....	20
2.1.3.6. Codex 192:2012	20
2.2. Limitaciones Internas.....	20
2.3. Selección del proceso.....	21
2.4. Comparación del proceso para la producción de colorante.....	22
2.5. Comparación del proceso para la producción de yogurt	24
2.6. Descripción del proceso	26
Capítulo 3. Diseño del proceso global	28
3. Diseño del procesos.....	28
3.1. Resultados.....	29
3.1.1. Blance de materia para el colorante a nivel industrial	29
3.1.2. Blance de materia y energía para el proceso de yogurt a nivel industrial.....	30
Capítulo 4. Proceso industrial.....	32
4.1. Dimensionamiento y selección de equipos para el proceso de colorante	32
4.1.1. Resultados	35
4.2. Dimensionamiento y selección de equipos para el proceso de yogurt.....	37

4.2.1. Resultados	39
4.3. Plano P&ID	42
Capítulo 5. Análisis de prefactibilidad	43
5.1. Inversión Capital fijo	43
5.2. Capital de trabajo	44
5.3. Costo fijo de producción	44
5.4. Recuperación de la inversión.....	44
5.5. Resultados.....	45
Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones	47
Capítulo 7. Fuentes Consultadas.....	49
8. Anexos.....	55
Anexo 1. Balance de masa y energía.....	55
Anexo 2. Dimensionamiento de equipos principales de la extracción de colorante.	63
Anexo 3. Estimación de equipos	73
Anexo 4. Tabla con datos técnicos para los equipos de colorante y Tabla calculo de la mano de obra	78
Anexo 5. Para el dimensionamiento de los equipos.....	80
Anexo 6. Ponderación utilizada para el dimensionamiento de los equipos	82
Anexo 7. Norma INEN	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre Suárez y Mouratoglou	23
Tabla 2. Comparación de la etapa de extracción.....	23
Tabla 3. Solventes que interviene en los dos procesos	24
Tabla 4 . Equipos de transferencia de calor	25
Tabla 5. Comparación entre los fermentos lácteos.....	25
Tabla 6. Composición de los caudales del proceso del colorante	30
Tabla 7. Composición de los caudales del proceso de yogurt.....	31
Tabla 8. Calor necesario para elevar o disminuir la temperatura de la leche.....	32
Tabla 9. Dimensionamiento de los equipos para el proceso de colorante	36
Tabla 10. Dimensionamiento de los equipos para el proceso de yogurt.....	41
Tabla 11. Inversión de capital fijo.....	45
Tabla 12. Capital de trabajo	46
Tabla 13. Costo fijo de producción	46
Tabla 14. Proyección de la recuperación de la inversión inicial	46
Tabla 15. Inversión de capital fijo.....	73
Tabla 16. Datos técnicos del molino de cuchillas	78
Tabla 17. Datos técnicos del extractor de Rotocell	78
Tabla 18. Salario de operarios.....	79
Tabla 19. Cálculo de ponderación para la elección de proceso colorante	82
Tabla 20. Cálculo de ponderación selección de proceso de yogurt.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Digrama de bloque de extracción de colorante natural por el método desarrollado por Mouratoglou.....	27
Figura 2. Diagrama de flujo de yogurt por el proceso de Batido	28
Figura 3. Diagrama de flujo de materia para la línea de línea de producción colorante.....	29
Figura 4. Diagrama de flujo de materia para la línea de línea de producción yogurt.....	31
Figura 5. Tanque de almacenamiento para líquidos	33
Figura 6. Tolva para sólidos.....	33
Figura 7. Tanque lavador.....	34
Figura 8. Bomba centrífuga	35
Figura 9. Tanque de recepción de leche cruda.....	37
Figura 10. Tanque agitador de 6 aspa.....	38
Figura 11. Intercambiador de calor	39
Figura 12. Vista Isométrica de la planta FITTFROZEN	42
Figura 13. Sistema abierto para el balance de masa para los procesos de yogurt y colorante	55
Figura 14. Sistema cerrado para el balance de energía para el proceso de yogurt	57
Figura 15. Dimensión de turbina de 6 aspas	70
Figura 16. Tanque de almacenamiento líquidos.....	80
Figura 17. Tanque de almacenamiento sólidos	80
Figura 18. Cálculo para la potencia de las aspas.....	81
Figura 19. Cálculo del tiempo de agitación	81

Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes

El color es la primera sensación que se percibe de los alimentos, es la inmediatez de la visión la que da capital importancia a su apariencia y por ello se considera que es el primer tributo el que determina la aceptabilidad y preferencia del consumidor (1), además el color es un índice de calidad para las industrias alimentarias ya que informa el estado de los alimentos (2).

La homogeneidad del color en los alimentos durante el tiempo de vida es fundamental, por tal razón existe una variedad de agentes químicos que sirven para dar color a los productos teniendo dos tipos los sintéticos y los naturales(3).

Los sintéticos provienen de una síntesis química, les falta su equivalente natural se les considera negativamente, pero se les usa ampliamente para mejorar el atractivo de numerosos alimentos (4). A pesar de que mucho han sido prohibido o se han dejado de utilizar por la industria de alimentos los cuales son los siguientes colorantes alimentarios sintéticos: azules (azul brillante FCF o E 133), rojos (azorrubina o E122) naranjas (amarillo ocaso), amarillo (tartrazina), verdes (verdes S) y negros (negro brillante), estos son los más usados y estudiados(2). Por la preocupación de sus efectos negativos que estos producen a la salud humana se ha encontrado que los colorantes azoicos aumentan el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad en los niños(5).

Los colorantes naturales pueden ser de origen animal, vegetal y mineral además se encuentran representados por tres colores primarios como el rojo, verde y azul, muchos de sus combinaciones se observan en casi todos los colorantes del aspecto visible por ejemplo amarillo, naranja entre otros (4). El termino natural tiene un perjuicio favorable en el campo

de la alimentación y son considerados como inocuos y las limitaciones específicas en su uso son menores que los colorantes sintéticos(2).

El primer estudio realizado a los colorantes sintéticos fue en el año de 1939 por científicos japoneses dando se cuenta que producían cáncer a los animales de experimentación, dicho descubrimiento llevo al poco tiempo a la prohibición de todos los colorantes azoicos con fines alimentarios, después de varios años y diferentes estudios donde se intenta demostrar la inocuidad de los colorantes sintéticos fueron permitidos nuevamente(3).

Un estudio realizados en Reino Unido, han encontrado efectos negativos en el comportamiento de los niños el cual es ocasionado por los colorantes sintéticos este problema generado es el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) el cual se debe a la liberación de histamina por los aditivos alimentarios por medio del gen del polimorfismo de HNMT reduciendo la histamina logrando así que el colorante sintético se acumule en el cerebro(5). En Ecuador se realizó un estudio con una muestra de 246 estudiantes en una escuela de la ciudad de Quito, el rango de edad estuvo comprendida entre 5 y 8 años, el autor llego a la conclusión que el 3 y 10 % de la muestra tomada presentan TDAH su principal causa la ingesta de alimentos con aditivos sintéticos uno de ellos es la tartrazina(6).

En mercado mundial la industria de colorantes naturales crece a una tasa del 8% al año(5), es en parte a un consumidor más informado además existe una preocupación respecto a los efectos negativos que tendría algunos colorantes sintéticos en la salud humana como el mencionado anteriormente(7). El avance tecnológico para la extracción permite obtener colorantes naturales en menor costo y en forma más eficiente(8). La tendencia global está liderada por la comunidad Europea donde la demanda está proyectada con un aumento significativo del mercado en un 6.4% hasta el año 2020 (2) esto se debe a la prohibición o reducción de los gobiernos europeos en conjunto con la Autoridad Europea de Seguridad

Alimentaria los cuales empezaron a solicitar que los alimentos que tienen colorantes artificiales se inserte una etiqueta de advertencia que señale “puede tener efectos adversos sobre la actividad y la atención de los niños”(4).

Actualmente en el Ecuador solo se extrae innato proveniente de la planta de achiote, rojo carmín que viene de la cochinilla pero aún no se ha extraído la antocianina de la semilla del aguacate solo del ataco que se está industrializando en la ciudad de Cuenca (9), por otra parte industria como Toni y Echeverría han sustituido los colorantes sintéticos por colorantes naturales (10).

En el presente desarrollo de proyecto integrador se propone el diseño industrial de una planta de yogurt, con colorante natural para una producción anual de 5040 Kg de colorante y 36000 L de yogurt. El diseño industrial se propone a partir de estudios realizados a cerca de la extracción de colorante de la semilla del aguacate, se presentan modificaciones en el proceso de extracción y se lleva el proceso de nivel laboratorio a nivel industrial para lo cual se presentan características más relevantes a la hora de seleccionar los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso, y por último se lleva a cabo una estimación financiero para observar la viabilidad económica del proyecto.

1.2. Justificación

El presente trabajo se justifica en el hecho que entidades del Estado, como el Ministerio de Salud Pública han mostrado su preocupación en la salud de los niños y sus problemas con el de TDAH que generan los alimentos con aditivos sintéticos; por tal motivo se propone la elaboración de un producto derivado de la leche con aditivo natural (11).

El costo unitario de yogurt es de \$3.60 por parte de las industrias de lácteos (10) y sus derivados, en cambio el costo unitario del yogurt con colorante natural propuesto, tiene un costo de \$5.50 siendo un precio no competitivo con las industrias nacionales, por lo cual el

yogurt con colorante natural se venderá en los bazares escolares de las escuelas municipales de la ciudad de Quito. La inclusión del producto va a ser mediante programas como: “Pilas con las vitaminas”, “Acción nutrición ” (12), entre otros, el cual buscan introducir productos naturales para reducir el índice de TDAH en los niños en edad escolar (6).

Actualmente, la pulpa de aguacate ha sido industrializada en una gran variedad de productos como: aceites, velas y jabones (13). Sin embargo, los residuos como la semilla se ha descartado sin darle un valor agregado como un recurso para la industria alimenticia. La semilla posee antocianina que es un pigmento hidrosoluble detectable en la región visible por el ojo del ser humano además abarcan una gama de colores desde el rojo hasta el azul violeta(14), que posee grandes beneficios para la salud humana como efectos anticancerígenos, antidiabéticos y antioxidantes (14), este pigmento brinda una nueva perspectiva para la obtención de productos coloreados para el consumo humano.

1.3. Resultados Esperados

Según el boletín de vigilancia tecnológica (13) asegura que en los próximos años habría una reducción considerable de colorante sintético por los colorantes naturales el cual tienen una gran variedad de aplicaciones como: colorante para industrias textiles, para las industrias dedicadas a la elaboración de jabón y además la semilla licuada sirve para mejorar los problemas de digestión en las personas (13).

El colorante natural se lo puede usar en la industria textilera y en diferentes tipos de materiales como: algodón y polyester. El algodón tiene una gran capacidad de absorción es decir que el tinte se adhiere fácilmente pero en el hilo del poliéster se añade con un poco de dificultad lo cual se debe a la orientación molecular y a las fuerzas de cohesión del poliéster(13). Siendo una buena alternativa ya que se obtiene un producto colorido y reduce el impacto ambiental que las industrias textiles generan con sus aguas residuales.

Industrias dedicadas a la fabricación de productos para aseo personal, han encontrado un jabón a base de aguacate y coloreado con la antocianina el cual otorga grandes beneficios a la salud como vitaminas D y E los cuales son los encargados del colágeno y ayuda a la eliminación de las arrugas (15).

La semilla molida tiene en su contenido de 70% de aminoácidos y 25% de fibra soluble; los aminoácidos ayudan adelgazar y quemar grasas (16). La fibra ayuda a mantener el estómago e intestino saludable con una evacuación constante y fluida, lo cual ayuda que el cuerpo no acumule toxinas y este en constante liberación de desechos tóxicos (17).

2. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de prefactibilidad, diseñado para una planta industrial para elaboración de yogurt, con colorantes naturales extraídos de la semilla del aguacate para los niños en edad escolar para reducir los índice de trastorno de déficit atención e hiperactividad causado por los colorantes sintéticos.

2.1.Objetivos específicos

Para el diseño de la industria se usará los siguientes objetivos específicos:

1. Diseñar el proceso de elaboración del yogurt y colorante.

Se utilizará los conceptos de balance de masa y energía para encontrar la composición de los caudales de los dos procesos.

2. Dimensionar los equipos para la planta de producción

Para el dimensionamiento se buscará la forma geométrica y el material de construcción adecuados para de cada equipo en los diferentes proceso.

3. Establecer un análisis económico de implementación de la planta de producción.

Se calculará la inversión de capital fijo, el capital de trabajo y los costos fijos de producción, para determinar el tiempo de recuperación de la inversión, se utilizará el método Periodo de la Recuperación de la Inversión (PRI) (18), para conocer si la fabricación de colorante natural y yogurt es viable.

Capítulo 2. Determinación de los procesos industriales

En el presente capítulo se va a detallar la guía que se siguió para el diseño del proceso de yogurt y colorante natural, además se mostrará las normas que rigen para la fabricación y comercialización de un alimento.

2.1.1. Descripción de producto.

El producto FITTFROZEN, surge por la necesidad de reducir enfermedades al consumir productos con aditivos sintéticos, ocasionando daño a la salud humana lo cual afecta a muchas personas especialmente a los niños. FITTFROZEN brindará mayor seguridad alimentaria con una elaboración natural. FITT es un acrónimo que significa (Frecuencia, Intensidad, Tiempo y Tipo) (19). Frecuencia para reducir los problemas que ocasionan los colorantes sintéticos, Intensidad seduce al consumidor por su gran variedad de colores, Tiempo menor para ser acogido por los niños y Tipo va a tener diferentes presentaciones, por último FROZEN significa congelado y ayudará a conservar sus propiedades organolépticas

FITTFROZEN es un alimento prefigurado, que contiene una gran cantidad de nutrientes como antocianinas, carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas (20).

La antocianina es una de las principales clases de flavonoides, estos compuestos tienen una gran capacidad antioxidante, con grandes beneficios a la salud humana, evita enfermedades degenerativas, problemas cardiovasculares; además es catalogado como un pigmento natural para alimentos (21), el color del yogurt va a depender del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula antocianica si se aumenta el pH la hidroxilación produce

desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que aumentando las metilaciones producen coloraciones rojas (22).

Los carbohidratos van a provenir de la lactosa que son azúcares, es decir es un monosacárido de descomposición, que actúa rápidamente como endulzante para el yogurt, esto se lo realiza por medio de bacterias ácidas lácticas (23).

Las bacterias ácidas lácticas o conocidas también como bacterias iniciadoras como: *Lactobacillus delbrueckii* y *Streptococcus salivarius* (20), a estas se les fermenta contribuyendo al sabor medio ácido, aroma y textura cremosa además otorga valor nutricional a través de la producción de exopolisacáridos y modificación de proteínas, lo anterior también se debe a su actividad metabólica sobre proteínas, azúcares y lípidos que van otorgando al yogurt facilidad de digerir y mayor preservación del producto (24).

El yogurt es una fuente importante de proteínas, los cuales ayudan al mantenimiento de los huesos (25).

2.1.2. Descripción de materias primas

Se cuenta con dos líneas de producción la primera es colorante y la segunda yogurt, las materias primas para el colorante son: semillas de aguacate, glicerol y acetado de sodio, para el yogurt se tiene leche cruda, fermento láctico, leche en polvo y colorante natural.

La semilla del aguacate, es la materia prima fundamental para la producción de colorante natural el cual tiene forma redondeada con un tamaño entre 2 y 4 cm recubierta de una delgada capa leñosa y que en su interior cuenta con diferentes tipos de polifenoles (26). El cual tiene un pigmento natural llamado antocianina que abarca una gama de colores desde el rojo hasta el azul, tienen una baja viscosidad y se encuentra en las vacuolas de las células, a una exposición al sol cambia su color y además le hace apto para colorear alimentos (14). Los solventes usados para la extracción es la glicerina también denominado E422 por la FAO

(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura) (5). Es un compuesto líquido a temperatura ambiente, viscoso, incoloro, inodoro y ligeramente dulce (27). La presencia de los tres grupos hidroxilos lo hace ser higroscópico, fácilmente soluble en agua y ligeramente soluble en disolventes orgánicos (28), el segundo solvente es el acetato de sodio o etanoato de sodio es un polvo blanco cristalino e higroscópico además es inodoro desprende un olor a vinagre es soluble en agua y compuestos orgánico (29).

La leche cruda de la vaca, es una secreción nutritiva de color blanquecino opaco el cual se le atribuye por las partículas del complejo caseinato-fosfato-cálcico en suspensión coloidal y por glóbulos de grasa en emulsión (20), el sabor es un poco difícil de definir ya que no es ácido, ni amargo, sino más bien es un poco dulce debido al contenido de lactosa, en muy pocas ocasiones es salado se debe por la alta concentración de cloruros, tiene un olor característico por la presencia de compuestos orgánicos volátiles de bajo peso molecular entre ellas se encuentra: ácidos, aldehídos y cetona (30), para su fermentación se usara bacterias ácidas lácticas que es un polvo en el cual están contenidos el *Lactobacillus* y *Streptococcus* (24). La leche en polvo es un color blanco amarillento que conserva las propiedades de la leche natural, tiene un contenido máximo del 1.5% de grasa en peso tiene un sabor fresco y puro antes y después de su reconstitución contiene una humedad máxima del además no se necesita de refrigeración teniendo una vida útil más prolongada siendo fácil de almacenar (31) y por último el colorante natural el cual va a colorear al yogurt de anaranjado y violeta dependiendo del pH que se encuentre el yogurt (14).

2.1.3. Limitación Externa

Las limitaciones son las condiciones por las cuales los productos yogurt y colorante se deben elaborar y almacenar para tener un producto de calidad y además alargar el tiempo de vida útil de FITTFROZEN.

2.1.3.1. Normas INEN

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), emite normas técnicas para el mejoramiento continuo de los productos, procesos o servicios con el fin de tener productos, procesos o servicios con altos estándares de calidad (32).

La fabricación de yogurt cumple las normas INEN: 9:2012, 10:2012, 235:2011 y 1334:2011 para la adición de aditivos a los alimentos esta dado por la Codex 192:2013, el rotulado del producto está dado por la norma INEN: 1334:2011, el incumplimiento de estas normas el producto se puede rechazar por parte de los clientes.

2.1.3.2. Norma 9:2012

La norma 9:2012 es para leche cruda de la vaca la cual debe cumplir ciertos requisitos para su procesamiento, los cuales mencionan que no ha sido sometida ningún tratamiento térmico solo enfriamiento para su conservación, estos requisitos deben ser entregados por parte del proveedor externo. Los requisitos se encuentran en la parte de Anexo 5. (33)

2.1.3.3. Normas INEN 10:2012

Esta norma establece la condición a la cual la leche debe ser pasteurizada, estas condiciones de operación son un flujo continuo a 72°C durante 15 minutos y ser enfriada a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, también establece que debe presentar un aspecto normal, estar limpio y libre de calostro, los requisitos y condiciones físico químicas están en anexo 5.(32)

2.1.3.4. Norma INEN 2395:2011

La norma establece el porcentaje en peso permitido para la adición de edulcorantes o frutas de diferentes presentaciones, además incluye la cantidad de bacterias probióticas que debe contener el yogurt, todos los requisitos para las leches fermentadas se encuentran en el anexo 5 (34).

2.1.3.5. Norma INEN 1334:2011

Establece las disposiciones y los requisitos específicos que se debe usar en el rotulado de productos alimenticios, como no escribir en el rotulado de una forma ambigua que produzca confusión el cual debe incluir todo los insumos utilizados para su elaboración. Todo se va encontrar en el anexo 5 (35).

2.1.3.6. Codex 192:2012

La Codex Alimentarius, es una norma establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ,establece la cantidad mínima de aditivo que se puede usar en leches fermentadas, pasando de estas limitaciones se considera tóxico para la salud humana (anexo 5) (36).

2.2. Limitaciones Internas.

Las limitaciones internas son aquellas que se tiene control.

El yogurt se puede contaminar en cualquier punto de la cadena de producción por tal motivo se tiene en cuenta las condiciones de las distintas fases de la cadena alimentaria siendo las siguientes:

1. **Leche.-** Se le conserva en un lugar donde no esté expuesta a la luz, ya que pierde riboflavina y vitamina C afectando el sabor, es recomendable un cuarto de refrigeración con una temperatura de 2° a 5°C lo cual va alargar la vida útil de la leche a 72 horas(37).
2. **Pasteurización.-** La conservación de la leche pasteurizada se debe refrigerar a 42° - 45°C por 3 a 6 horas (38).
3. **Colorante.-** El color es estable en cuarto de refrigeración a -18°C por 48 horas, a un pH de 2 a 11(26).

4. **Yogurt.-** No se puede refrigerar con otros productos ya que puede causar mal olor y sabor, además se le debe mantener en cuarto de refrigeración a $<-7^{\circ}\text{C}$ por un tiempo aproximado de 21 días, para poder salir a la venta (30).

2.3. Selección del proceso.

A continuación, se estudia los principales procesos que tendrá la planta de producción en su totalidad. Estas consideran las ventajas y desventajas en cada una de las alternativas planteadas para cada proceso.

Hay dos procesos significativos para la extracción de colorante, el primero es el proceso desarrollado por Mouratoglou (27) y Suárez (39). Para el proceso de yogurt se compara entre yogurt batido (40) y alflorado (41).

El resultado es esta selección se sabrá cuáles son las operaciones unitarias que intervienen en el proceso del producto final.

Los cuatro procesos mencionados anteriormente se los va a comparar por medio de un sistema por el cual se va a analizar este proyecto, que es el método ordinal corregido de criterios ponderados (42). Algunas veces para decidir entre diversas alternativas basta con conocer el orden de preferencia de su evaluación total. Por tal razón es recomendable usar el método ordinal corregido de criterios ponderados, no se necesita evaluar los parámetros de cada propiedad y tampoco estimar numéricamente el peso de cada criterio con lo cual permite obtener un resultados significativos e imparcial .

Este método se basa en que cada criterio se confronta con los restantes y se asignan los siguientes valores:

1. 1 si el criterio de las filas es superior (o mejor $>$) que el de las columnas
2. 0.5 si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas

3. 0 si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor;<) que el de las columnas

Para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade un valor de uno para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula, después en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución).(43)

2.4. Comparación del proceso para la producción de colorante

El proceso de Mouratoglou usa solventes naturales eutécticos profundos abrevia con sus siglas en inglés NADES, los solventes son el acetato de sodio y la glicerina a una proporción de 3:1, los cuales son admitidos por la FAO y la Unión Europea para procesos industriales alimentarios (28), sus residuos no tienen un impacto negativo hacia el medio ambiente (27).

El proceso de Suárez usa solventes como el etanol que es un producto derivado del petróleo y además es inflamable a condiciones normales de presión y temperatura, el estudio de Jairo Telles demuestra la toxicidad y su componente psicoactiva usando como precursor de droga(44).

Se van a comparar según los criterios establecidos y además se va a presentar las ventajas y desventajas de cada uno para que los resultados tengan mayor credibilidad. Estos criterios son los siguientes: facilidad de manejo, costos, mantenimiento y tiempo de operación.

1. Equipos

1.1.Trituración. - Son los encargados de reducir el material en componentes más pequeños(45). Para el proceso Suarez usa un molino Moulinex (39) en cambio Mouratoglou usa un molino de cuchillas (27), las ventajas y desventajas se observarán en la tabla 1.

Tabla 1. Comparación entre Suárez y Mouratoglou

	Molino de rodadura	Cuchillas
Ventajas	Tiempo de vida largo	Fácil de operar
	Rápida operación	Mínimas pérdidas de trituración
	Fácil operación	Bajo costo de mantenimiento
	-	Operación Continua
Desventajas	Ocupa mucho espacio	Costoso
	Costo de limpieza es alto	Difícil de limpiar
	Operación Batch	Cambio de cuchillas trimestral

Elaborado por: El Autor

Los resultados indican que el molino de cuchillas es la mejor opción

1.2.**Extracción.**- Operación Unitaria de transferencia de materia basada en la disolución de varios componentes (45).

Tabla 2. Comparación de la etapa de extracción

	Ultrasonido	Soxhlet
Ventajas	Alto rendimiento	Gran capacidad de recuperación muestra
	Cinética más rápida	No se requiere filtración posterior
	Área de contacto significativa	Tiene un contacto con la muestra
	Reducción de temperatura	
Desventajas	Fácil Contaminación	Proceso lento
	Perdida de propiedades	Utiliza gran cantidad de solventes
	Produce cavitación	necesita una etapa final de evaporación

Elaborado por: El Autor

La mejor alternativa es el equipo soxhlet el cual nos indica la ponderación para esta etapa.

1.3.Solventes.- Son dos componentes que forman una solución

Tabla 3. Solventes que interviene en los dos procesos

	Ultrasonido	Soxhlet
Ventajas	Alto rendimiento	Gran capacidad de recuperación muestra
	Cinética más rápida	No se requiere filtración posterior
	Área de contacto significativa	Tiene un contacto con la muestra
	Reducción de temperatura	
Desventajas	Fácil Contaminación	Proceso lento
	Perdida de propiedades	Utiliza gran cantidad de solventes
	Produce cavitación	necesita una etapa final de evaporación

Elaborado por: El Autor

La ponderación muestra que el ultrasonido es la mejor opción, para el diseño de la industria se usara un equipo vanguardista como el extractor tipo Rotocell el cual ayudará para que el solvente tenga mejor contacto superficial con la semilla de aguacate (45).

Los resultados de las ponderaciones se encuentran en el Anexo 6, demuestran que el proceso más idóneo es el proceso desarrollado por Mouratoglou; con este procedimiento se va determinar los equipos necesarios para la elaboración de este producto.

2.5. Comparación del proceso para la producción de yogurt

El proceso del yogurt batido es un proceso de fermentación el cual intervienen bacterias ácidas lácticas además es rico en vitaminas y minerales.(24).

El proceso de yogurt alflanado es el resultado de la fermentación de cuajo con bacterias de origen animal dando un producto rico en calcio (46).

4. Transferencia de calor.- Es la operación unitaria de la propagación de calor en distintos medios (45).

Tabla 4. Equipos de transferencia de calor

	Intercambiador Tubular	Intercambiador de placas
Ventajas	Trabaja altas temperaturas de operación	Máxima transferencia de calor
	Buen manejo de la variación de caudales	De fácil limpieza
	Bajo costo de mantenimiento	Bajo costo de operación
Desventajas	Se considera un espacio extra para limpieza	La temperatura de trabajo es limitada
	Altamente corrosivo	Tienden la tendencia de forma incrustaciones

Elaborado por: El Autor

La ponderación indica que el intercambiador de placa es mejor opción que el tubular

5. Fermento Láctico. Son los responsables de fermentar la leche para obtener yogurt (40).

Tabla 5. Comparación entre los fermentos lácteos

	Bacterias Acidas lácticas	Fermento Coagulo
Ventajas	Mejora la digestión	Otorga un sabor agradable
	Equilibra la microbiota intestinal	Reduce dos procesos
	Disminuye los síntomas de estreñimiento	Contiene más vitaminas
	Previene enfermedades gastrointestinales	
Desventajas	Alto costo de aislamiento	No apta para personas con problemas de lactosas
	Necesitan un sistema rico de nutrientes	Alto costo de adquisición

Elaborado por: El Autor

La ponderación indica que las bacterias lácticas es la mejor opción

Los resultados de la ponderación se encuentran en el anexo 6 y establece que el mejor proceso es el yogurt batido. Con esta elección de procesos se procede con el diseño del proceso principal, a continuación, se describirá el proceso del yogurt con colorante natural, con los procesos seleccionados.

2.6. Descripción del proceso

El proceso de obtención de colorante de la semilla de aguacate se inicia en el tanque de almacenamiento TK-001. Las semillas frescas de aguacate son transportadas por medio de vagones al tanque lavador TK-002, donde se lavaran con agua potable proveniente del tanque TK-003. Luego se enciende el tanque lavador TK-002 las semillas se comenzaran a limpiarse donde se retirara los residuos orgánicos que estas puedan contener, en el tanque se tiene una corriente de aguas residuales orgánico. Las semillas lavadas se llevaran al molino de cuchillas MC-001 donde se reducirá el tamaño a un rango de 2 a 5 mm para tener mejor área de contacto con la solución NADES, el MC-001 genera una corriente de perdidas. Con el tamaño optimo se lleva a extractor tipo Rotocell EX-001 donde se adicionara los solvente NADES se enciende el equipo en el cual hace girar el cuerpo del extractor y las celdas donde están las semillas tiene contacto con los solventes, lo cual produce una corriente de residuos que es la torta de filtración la cual es transportada por la bomba centrifuga al clarificador FL-001, se filtrara la solución coloreada también se origina una corriente de residuos sólidos para finalmente obtener el colorante líquido, el colorante en polvo sirve para las industrias de textiles con lo cual se adiciona un secador tipo Spray Dreyer SC -001, la corriente del clarificador se transporta al secador el cual operara a una temperatura menor a los 60°C terminando el tiempo de secado se obtiene el colorante en polvo fino, libre de humedad y con un tamaño de partícula muy fino. El colorante liquido es el que se llevara al yogurt.

El proceso comienza con la recepción de leche cruda que proviene de las granjas por tal razón se tiene que revisar sus propiedades organolépticas (sabor y olor, pruebas de limpieza, pruebas de sedimentos, pruebas de higiene) el cual se almacenara en el TK-004. Una vez finalizado se le envía a la estandarización TK-005 el cual se reducirá el 10% de sales minerales , para luego ser enviadas al proceso de pasteurización HE-001 el cual es un proceso térmico en donde se elimina los microorganismo patógenos o causantes de la degradación de la leche este proceso se elevara la temperatura a 72°C, luego se le envía al tanque TK-006 para su enfriamiento donde se baja la temperatura de la leche a 40°C para después ser transportada al taque de inoculación TK-007 donde se añade las bacterias acidas lácticas como Lactobacillus y Streptococcus para activar estas bacterias se le envía al tanque de incubación TK-008 donde la temperatura va ser de 45°C y las bacterias empiezan a fermentar a la leche para obtener yogurt a este se le enviara al tanque agitador TK-009 donde se adicionara el resto de los insumos como: el colorante natural del anterior proceso, el edulcorante y las frutas por último se le enviara al cuarto de refrigeración de 7°C para su posterior comercialización del FITTFROZEN.

A continuación se presentara los diagramas de flujo para cada proceso:

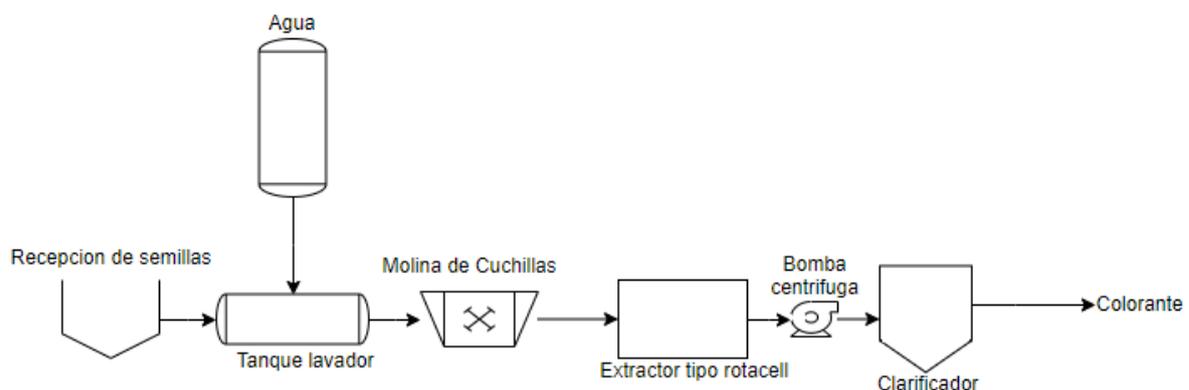


Figura 1. Diagrama de bloque de extracción de colorante natural por el método desarrollado por Mouratoglou

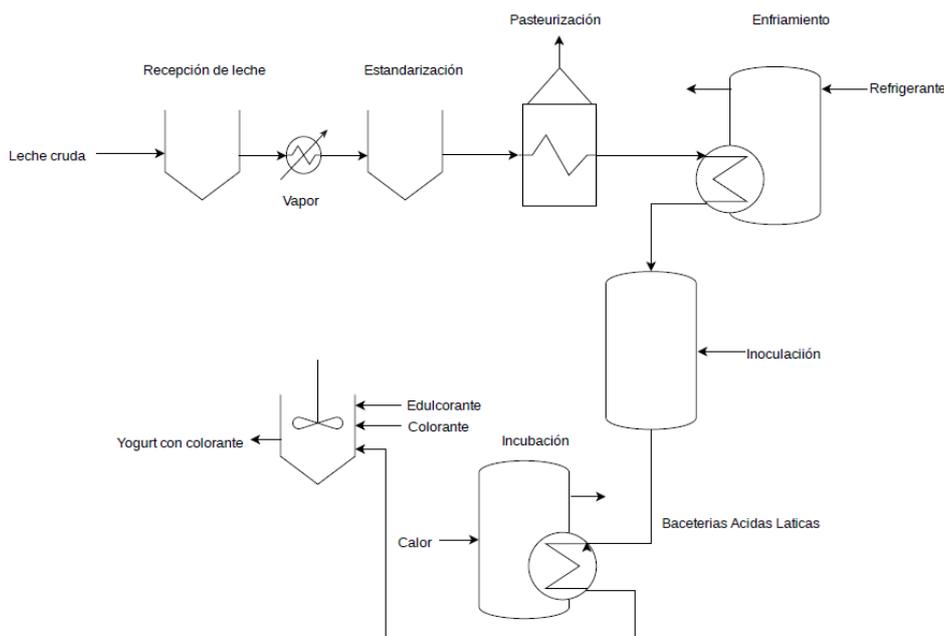


Figura 2. Diagrama de flujo de yogurt por el proceso de Batido

Capítulo 3. Diseño del proceso global

Para el diseño de los procesos de deben conocer las cantidades de materia prima como de energía con las que se trabajará, para ello se realiza un balance de materia y energía. Para facilitar el análisis se realiza una representación de todos los procesos por medio de un diagrama de bloque el cual está diseñado por flechas que indican las entradas y salidas de cada operación.

3. Diseño del proceso

Se busca el diseño de una de las líneas de producción tanto de colorante como el de yogurt. Para ello se determinará las operaciones unitarias involucradas en los dos procesos para la resolución de los balances de masa y energía, se usa la metodología que se encuentra en el anexo 1

3.1.Resultados

3.1.1. Blance de materia para el colorante a nivel industrial

Para determinar la cantidad de semilla de aguacate necesaria para el proceso se habló con representantes de algunos restaurantes del Distrito Metropolitano de Quito y sus alrededores, para saber con cuantos kilogramos de semilla se puede procesas en un día con lo cual se llegó a la conclusión que se puede contar con 280 kg de semillas de aguacate para un lote. La cantidad de colorantes se le determina por la densidad de los solventes presentada en el anexo 4, para tener todas las unidades de masa se utiliza la siguiente ecuación (47):

$$m = d \times V \quad (3.1)$$

donde m es la masa que se quiere encontrar en (Kg), d es la densidad en Kg/L y V es el volumen utilizado en L, las cuales se entregan en el anexo 4.

Se resolvió utilizando la figura 5 junto con la ecuación 3.4.

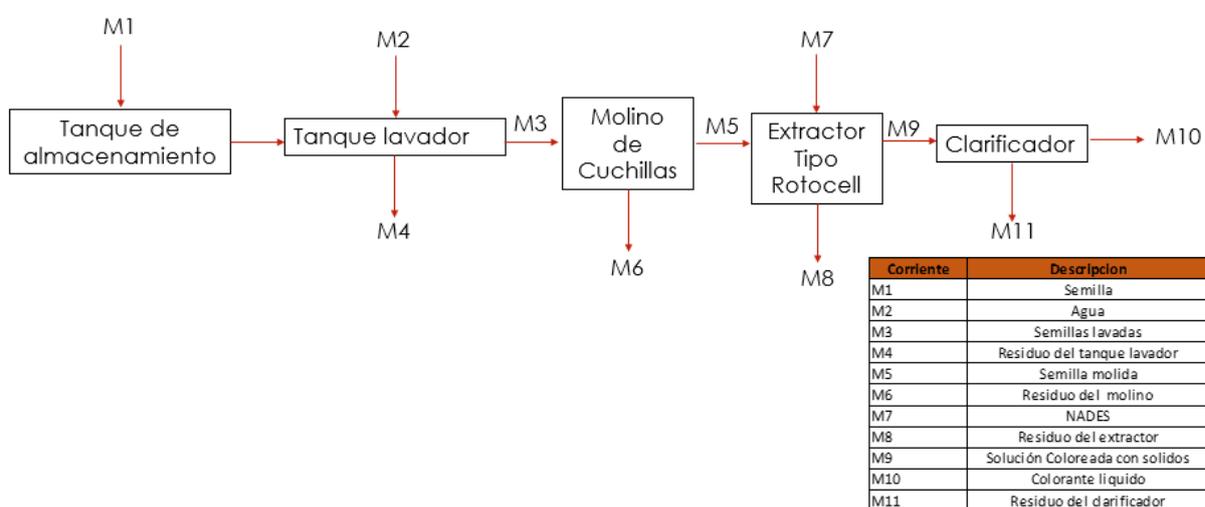


Figura 3. Diagrama de flujo de materia para la línea de producción colorante

El valor M_1 es la base de cálculo para determinar la composición de cada corriente del proceso, el M_2 se encontró una relación que es la cantidad de agua que entra en el tanque

lavador es la misma cantidad de semillas que se desean procesar, las corrientes M_8 y M_{11} se encontraron por experimentos realizados a nivel laboratorio.

La resolución se encuentra en el anexo 1 encontrando que se necesita 280 kg de semilla de aguacate para obtener 270 kg de colorante líquido y 16.8 kg en polvo.

La composición de las corrientes se encuentra resumidas en la tabla 6

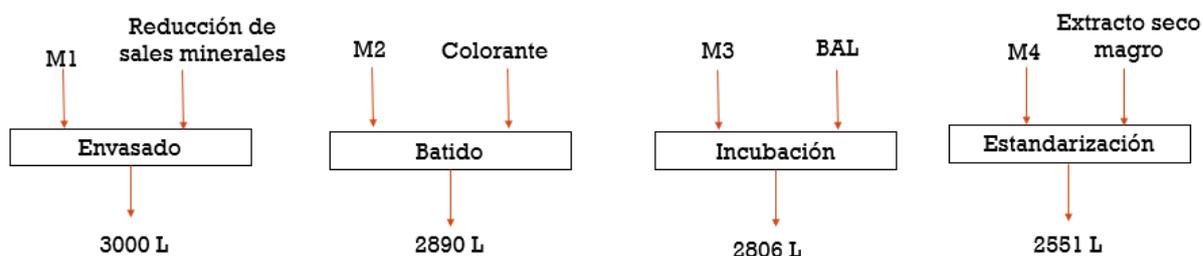
Tabla 6. Composición de los caudales del proceso del colorante

Corriente	Descripción	Cantidad	Unidad
M_1	Semilla	280	kg
M_2	Agua	1000	kg
M_3	Semillas lavadas	279	kg
M_4	Residuo del tanque lavador	1001	kg
M_5	Semilla molida	274,43	kg
M_6	Residuo del molino	4,57	kg
M_7	NADES	281	kg
M_8	Residuo del extractor	280,94	kg
M_9	Solución Coloreada con solidos	277	kg
M_{10}	Colorante liquido	274	kg
M_{11}	Residuo del clarificador	2,55	kg
M_{12}	Colorante en polvo	16,8 kg	kg
M_{13}	Agua evaporada	257,2	kg

Elaborado por: El Autor

3.1.2. Balance de materia y energía para el proceso de yogurt a nivel industrial

Para el diseño de proceso de yogurt se va a realizar el balance de masa con la figura 6 y la ecuación 3.4. La resolución del balance de masa se encuentra en el anexo 1.



Corriente	Descripción
M1	Envasado
M2	Batido
M3	Inoculación
M4	Estandarización

Figura 4. Diagrama de flujo de materia para la línea de producción de yogur

Para el yogur se necesita conocer la cantidad de leche cruda para elaborar 3000 L de yogur en un lote de producción, para lo cual se va a realizar en cuatro etapas del proceso que son: estandarización, inoculación, batido y envasado porque es donde se adicionan los insumos del yogur, además la composición de cada corriente del proceso está dado por las normas INEN que se mencionaron anteriormente

El balance de materia para el yogur se resume en la siguiente tabla:

Tabla 7. Composición de los caudales del proceso de yogur

Corriente	Descripción	Cantidad	Unidad
M ₁	Estandarización	2627.72	L
M ₂	Incubación	2890.5	L
M ₃	Batido	3092.8	L
M ₄	Yogurt	3000	L

Elaborado por: El Autor

Con los resultados obtenidos se tendrá una producción diaria de 3000L de yogur lo cual se va a necesitar 2627.72 L de leche cruda.

El balance de energía se debe incluir el calor necesario para calentar o enfriar la temperatura de la leche desde la temperatura 20°C hasta 72°C determinado por la norma 9 de la INEN. Para realizar el cálculo de la cantidad en energía en forma de calor en cada proceso se utiliza la ecuación (3.3) en conjunto con los balances de materia para obtener los datos representados en la tabla 8

Tabla 8. Calor necesario para elevar o disminuir la temperatura de la leche

Corriente	Etapa	Cantidad	Unidad
M ₃	Pasteurización	3,70067E+11	J
M ₄	Enfriamiento	-6,64E+11	J
M ₅	Inoculación	4,07E+08	J

Elaborado por: El Autor

Con los resultados obtenidos se conoce la capacidad de almacenamiento que se va a requerir en cada equipo y el calor que se necesita para lograr una buena producción además con esto se realizara el dimensionamiento y costo económico de cada equipo.

Capítulo 4. Proceso industrial

4.1. Dimensionamiento y selección de equipos para el proceso de colorante

Los equipos que serán dimensionados para la producción de colorante son los siguientes: tanques de almacenamiento para líquidos y sólidos, una bomba centrífuga y tanque lavador. Las dimensiones de los equipos se encuentran resumidos en la Tabla 9.

Tanque de almacenamiento para los Solventes

El almacenamiento de la solución NADES se selecciona un tanque de almacenamiento de acero inoxidable ya que presenta buena resistencia a la corrosión (48) que se pueden presentar en las condiciones del proceso, además este material está avalado para uso en los procesos

alimenticios. La forma del tanque va ser cilíndrica con orientación vertical para aprovechar el espacio (49).



Figura 5. Tanque de almacenamiento para líquidos

Almacenamiento de semillas de aguacate.

Para el almacenamiento de las semillas se usara una tolva el cual permitirá la descarga de la semilla hacia los vagones los cuales les llevaran al tanque lavador, va ser una tolva de forma cilíndrica una de las desventajas va ser la formación de puentes los cuales van a generar bloqueo(49).



Figura 6. Tolva para sólidos

Tanque lavador

El tanque lavador será de sentido horizontal con una rotación lenta y flautas de aspersores de agua van a contar con 6 perforaciones por flauta el material va a ser de acero inoxidable (48), el sistema de transmisión va a ser de cadena el cual permitirá que las semillas friccionen entre sí y se limpien entre ellas (50). El tanque va a operar a una temperatura de 23°C por lo que el material para su construcción es de acero inoxidable (51).



Figura 7. Tanque lavador

Bomba Centrífuga.

La determinación de la capacidad de la bomba se debe calcular la potencia, la altura que el fluido debe ganar, cavitación la potencia se calcula con la fórmula de la potencia hidráulica, la altura que el fluido debe ganar se calcula con la altura dinámica total, la cavitación se calcula con la fórmula del NSPH por sus siglas en inglés significa Net Positive Suction Head, esta toma todas las variables como pérdida en tubería y accesorios entre otros (52).

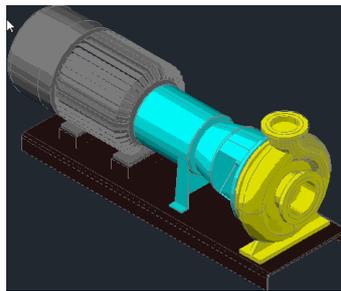


Figura 8. Bomba centrífuga

4.1.1. Resultados

Para el dimensionamiento de los equipos principales y los demás se encuentran en la metodología en el anexo 2 con lo cual se define el volumen este proviene del balance de masa. El procedimiento para los tanques de almacenamiento es buscar: forma geométrica, diámetro superior, altura y profundidad, también se puede seguir la norma ASME pero no toma de una manera adecuada el volumen que se necesita almacenar la semilla además esta norma es más recomendable para productos petroquímicos (49). La bomba centrífuga se calcula la potencia y cavitación por último el tanque lavador se calcula: la altura del agua para no sufrir inundaciones, los demás parámetros se definieron por la bibliografía encontrada (52).

Los tanques de almacenamiento van a ser cilíndricos con posición vertical, el material de construcción va a ser de acero inoxidable recomendable para procesos alimenticios y además no sufre corrosión (48). Se le cálculo por partes como en el anexo 4. Se puede definir la

capacidad máxima que es 291.2 m³ para un almacenamiento diario de semilla y agua de 280 kg cada uno.

Para las bombas lo más importante es la potencia y la cavitación, ya que no podría funcionar de manera correcta y sufriría daños graves como implosiones (52), se realizó según en el anexo 2, y así se obtuvieron el resto de los parámetros que intervienen en el diseño.

Para el tanque lavador se sigue el mismo procedimiento para el tanque de almacenamiento, pero la orientación va ser horizontal ya que su fuerza motora va ser por medio de poleas por último se implementara una malla para que se adhieran los restos orgánicos de la semilla para que sea más fácil la limpieza del equipo (48).

Los resultados se encuentran resumidos en la tabla 9.

Tabla 9. Dimensionamiento de los equipos para el proceso de colorante

Tanque de almacenamiento para la semilla			
Cantidad	Parámetro	Capacidad	Unidad
1	Volumen	291.2	m ³
	Diámetro	6.27	m
	altura	30.91	m
	Fondo	5.1	m
Tanque de almacenamiento para el agua			
Cantidad	Parámetro	Capacidad	Unidad
1	Volumen	1000	m ³
	Diámetro	9,5	m
	altura	14,2	m
	Fondo	2,4	m
Bomba Centrífuga			
Cantidad	Parámetro	Capacidad	Unidad
1	Caudal	0,18	m ³ /h
	Velocidad	3240	m ² /h

	Diámetro de tubería de descarga	84	mm
	Diámetro Tubería Succión	0.0014	mm
	Potencia de la bomba	62,63	w
	NPSH	279.50E3	-
Tanque Lavador o Desnatador			
Cantidad	Parámetro	Capacidad	Unidad
1	Diámetro	7,76	m
	Volumen	405.8	m ³
	altura	10.51	m
	Altura útil	6.40	m
	Tamaño del poro filtro	2	mm

Elaborado por: El Autor

4.2. Dimensionamiento y selección de equipos para el proceso de yogurt

Los equipos a dimensionar para el proceso de yogurt son: un tanque de recepción para leche cruda, tanque agitador y un intercambiador de calor de placas.

Tanque de recepción de leche cruda

Los depósitos de almacenamiento equilibra los primeros y últimos procesos de manera que reduce las pérdidas de producto y aumenta la eficiencia. El tanque va ser de forma cilíndrica fabricado con acero inoxidable de AISI 316. Para facilitar la tarea del drenaje las pendientes de los fondos de estos tanque tienen una inclinación mínima de 6% hacia el orificio de salida, además están diseñados para enfriar la leche a una temperatura de 4°C. La capacidad de recepción va ser de 2627.72 L (48).



Figura 9. Tanque de recepción de leche cruda

Tanque agitador.

El tanque agitador va tener un turbina de 6 aspas, de forma cilíndrica con una posición vertical su material de fabricación es acero inoxidable, con una capacidad de 4.5 m³, su costo de operación es económica al igual que su mantenimiento, el tiempo de batido va ser de 50 segundos (51).



Figura 10. Tanque agitador de 6 aspa

Pasteurización.

Se trata de un tratamiento térmico al cual es sometido la leche y con el cual se reduce los microorganismos patógenos y los indeseables con el fin de modificar la estructura de la proteína lácteas para obtener una mayor estabilidad de coagulo con una disminución de la sinéresis durante el almacenamiento del yogurt (32). Este proceso se lo realiza en un intercambiador de calor de placas con un funcionamiento a contracorriente.(38)

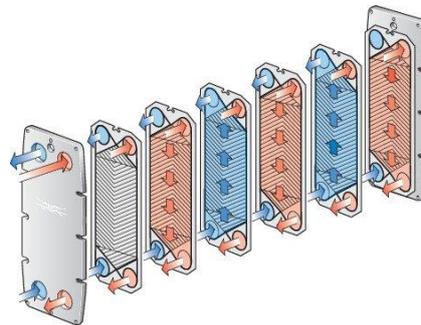


Figura 11. Intercambiador de calor

4.2.1. Resultados

Para los tanques se define la forma los cuales van a ser cilíndricos para aprovechar mejor el espacio para eso se va a buscar el volumen, el alto y el fondo por último el diámetro. El volumen ya viene dado por el balance de masa además se utilizó una relación encontrada que es $h=3R$ (48), además se usó la figura 17 del anexo 5.

El tanque agitador lo importante es la potencia y el tiempo de batido. Para la potencia se utiliza la ecuación de Reynolds (49). Encontrando que la potencia del aspa seria de 8 W luego con ayuda de la figura 8 en el anexo 5 se encontró que el tiempo de batido es de 50 s, lo cual es óptimo ya que evita que se rompa la textura de la leche que en ese proceso se encuentra débil y lo único que se quiere es mezclar bien los insumos como el colorante (53).

En el proceso de pasteurización utiliza un intercambiador de calor de placas (38), las incógnitas son la temperatura del fluido frío de salida, la diferencia media logarítmica, el área de transferencia de calor, número de placas y por último coeficiente global de transferencia (45), para la primera incógnita se utilizó la ecuación del balance de energía, para el resto de las variables se siguió según la metodología en el anexo 2.

Los resultados del dimensionamiento se encuentran resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 10. Dimensionamiento de los equipos para el proceso de yogurt

Tanque para la recepción de leche y estandarización			
Cantidad	Parámetro	Capacidad	Unidad
2	Volumen	2627,7	m ³
	Diámetro	13,06	m
	altura	19,6	m
	Fondo	3,26	m
Tanque para la inoculación			
Cantidad	Parámetro	Capacidad	Unidad
1	Volumen	2890,5	m ³
	Diámetro	13,5	m
	altura	20,22	m
	Fondo	3,37	m
Tanque para el envasado			
Cantidad	Parámetro	Capacidad	Unidad
4	Volumen	3000	m ³
	Diámetro	13,6	m
	altura	20,5	m
	Fondo	3,4	m
Tanque Agitador			
Cantidad	Parámetro	Capacidad	Unidad
1	Diámetro	1.2	m
	Altura	1.88	m
	Potencia Aspás	8	W
	Tiempo de batido	50	s
Pasteurizador			
Cantidad	Parámetro	Capacidad	Unidad
1	Flujo de calor	7032	W
	DMLT	4,64	°C
	Numero de placas	12	-
	Coficiente global transferencia	567,6	W/m ² K
	Área de transferencia	0,43	m ²

Elaborado por: El Autor

Con cada uno de estos resultados se va a proceder a la estimación del costo de capital fijo, es el costo para la construcción e instalación de una planta (47).

4.3. PLANO P&ID

Se realizó por medio del software AutoCadplant 3D, se muestra una vista isométrica de la planta y sus equipos. Donde la primera planta está el proceso de colorante y en la segunda el yogurt.

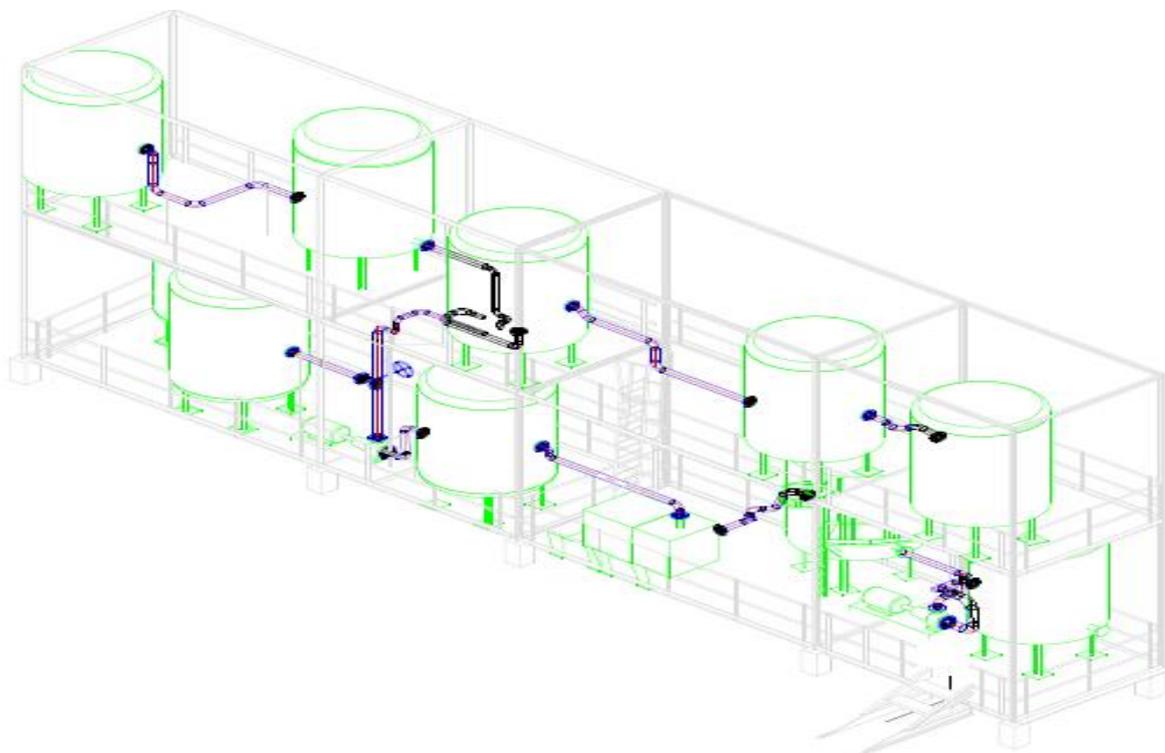


Figura 12. Vista Isométrica de la planta FITTFROZEN

Capítulo 5. Análisis de prefactibilidad

El propósito de un análisis de prefactibilidad es determinar la inversión económica requerida para llevarse a cabo el proyecto de la planta industrial de FITTFROZEN (47), además se busca conocer el costo total de operación durante un año con una serie de parámetros que constituyen la base de la evaluación económica para ver si el proyecto es viable (18). Los costos que se van a realizar en la evaluación económica son: inversión de capital fijo, capital de trabajo y costos fijos de producción y recuperación de la inversión (47).

5.1. Inversión Capital fijo

La inversión de capital fijo se define parámetros como los activos fijos (ISBL) y los costos externos (OSBL) (47). Para el cálculo de los activos fijos se establecen los parámetros principales como la capacidad de los equipos que se obtuvieron en el balance de masa, este costo está en la tabla 11 además se reportan los precios de adquisición de cada equipo se encuentran en el anexo 3.

El equipos con un valor de adquisición caro es el extractor tipo Rotocell (54) es un equipo vanguardista el uso de este equipo mejora considerablemente el proceso de extracción comparando con un extractor normal el cual debe tener una chaqueta de calentamiento con orientación vertical y usando termómetros en sitios estratégico para evitar la degradación del colorante (45). Este equipo va a dar una buena producción de colorante además reducirán egresos como costos operacionales.

El secador de Spray Dryer es otro equipo moderno el cual reduce dos operaciones como el secado y la pulverización (54).

Para el cálculo de la inversión OSBL, incluyen los costos de las adiciones que se deben hacer en la infraestructura del sitio para dar cabida a planta nueva, esta estimación se lo realiza por lo general como una proporción de los costos ISBL, esta proporción es el 40% del costo

ISBL, porque los costos externos por lo general en esta en un intervalo de 10% a 100%, de los cuales el 20 y 50% son para proyectos petroquímicos típicos y el 40% esta para proyectos que no se conoce en detalles el lugar (47).

Los costos de ingeniería y los gastos imprevistos son un porcentaje entre las suma del costo activos fijos más los costos externos que son el 30% y 10% (47).

5.2.Capital de trabajo

El capital de trabajo es el dinero que se necesita para poner en marcha la planta hasta que se comience a obtener ingresos sus parámetros son la materia prima y sus costos administrativos, por último las piezas de repuestos el cual es 2% del ISBL(47).

5.3.Costo fijo de producción

Los costos de producción son los gastos necesarios para mantener al proyecto por lo cual se definieron los parámetros siguientes: trabajo de operación, supervisión que es el 25% del trabajo de operación, gastos salariales se tomaron con el 60%, mantenimiento es el 5% de los activos fijos, impuestos sobre la propiedad es el 1% de los activos fijos por ultimo los gastos ambientales es el 1% entre los activos fijos y los costos externos (47).

5.4. Recuperación de la inversión.

El periodo de recuperación de la inversión o payback es el tiempo que tarda una industria en recuperar el costo de su inversión original del proyecto es decir el flujo de efectivo neto es igual a cero (55). Es fundamental para saber si el proyecto es factible para lo cual se consideran dos criterios el primero “Si el periodo de recuperación es menor que el proyecto de recuperación máximo aceptable”, aceptar el proyecto, el segundo “Si el periodo de recuperación es mayor que el periodo de recuperación máximo aceptable”, rechazar el proyecto.(18)

La recuperación máxima aceptable es determinada por las partes interesadas en este caso la planta FITTFROZEN el cual estableció un tiempo de 5 años.

Con los criterios anteriores y usando el método PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión) mediante el uso del Excel se calculó los ingresos, los costos de los bienes vendidos, el margen de contribución, depreciación el cual se realizó para un periodo contable de 5 años, gastos operativos además, se hizo una proyección de 10 años para ver cuál es el ingreso neto del producto y en cuanto se recupera la inversión.

5.5.Resultados

El costo total de la puesta en marcha de la industria es la inversión inicial que son los activos fijos ya que es la base para que comience a operar la planta, el cual se encuentra resumido en la tabla 14 se observa que la recuperación va a ser en 4.77 años, pero con las maquinas depreciadas es decir que se tiene que renovar toda la línea de producción.

En el capital de trabajo egresos como el efectivo en caja y cuentas a cobrar se asumen valores de ceros ya que es un proyecto nuevo por lo cual no se necesita calcular

La recuperación de la inversión se realiza con una producción diaria de 3000 L de FITTFROZEN, para el décimo año se tiene una ganancia neta de \$13.574,62.

Los resultados del análisis de prefactibilidad se resumen en la tabla 11, tabla 12 y tabla 13.

Tabla 11. Inversión de capital fijo

Costo	Cantidad
OSBL	\$386.4019,5
ISBL	\$966.004,9
Costo ingeniería	\$405.7220,5
Gastos imprevistos	\$966.004,9
Total	\$185.472,94

Elaborado por: El Autor

Tabla 12. Capital de trabajo

Costo	Cantidad
Valor inventario	\$25.406,00
Efectivo en caja	\$0
Cuentas a cobrar	\$0
Inventario piezas de repuestos	\$193.200,98
Total	\$218.606,98

Elaborado por: El Autor

Tabla 13. Costo fijo de producción

Costo	Cantidad
Trabajo de operación	\$889.00,00
Supervisión	\$222.00,00
Gastos salariales	\$445.00,00
Mantenimiento	\$483,002.44
Impuesto sobre la propiedad	\$193.200,98
Gastos Ambientales	\$135.240,68
Total	\$811.444,1

Elaborado por: El Autor

Tabla 14. Proyección de la recuperación de la inversión inicial

Rubros	Años									
	1er	2do	3er	4to	5to	6to	7mo	8vo	9no	10mo
	1.499.487,70	-622.630,81	-7.077,27	425.041,31	728.388,56	941.338,32	1.090.829,06	1.195.771,56	1.269.441,19	1.321.157,27
Ingresos	2.700.000,00	2.700.000,00	2.700.000,00	2.700.000,00	2.700.000,00	2.700.000,00	2.700.000,00	2.700.000,00	2.700.000,00	2.700.000,00
cogs	1.978.787,87	-1.978.787,87	-1.978.787,87	-1.978.787,87	1.978.787,87	-1.978.787,87	-1.978.787,87	-1.978.787,87	-1.978.787,87	-1.978.787,87
Margen de contribución	-778.275,57	98.581,32	714.134,85	1.146.253,44	1.449.600,68	1.662.550,45	1.812.041,18	1.916.983,68	1.990.653,31	2.042.369,40
Depreciación	-93.135,90	-93.135,90	-93.135,90	-93.135,90	-93.135,90	-93.135,90	-93.135,90	-93.135,90	-93.135,90	-93.135,90
Gastos operativos	-15.527,00	-15.527,00	-15.527,00	-15.527,00	-15.527,00	-15.527,00	-15.527,00	-15.527,00	-15.527,00	-15.527,00
ebit	-886.938,47	-10.081,58	605.471,95	1.037.590,54	1.340.937,78	1.553.887,55	1.703.378,28	1.808.320,78	1.881.990,41	1.933.706,50
Interés	-88.693,85	-1.008,16	60.547,20	103.759,05	134.093,78	155.388,75	170.337,83	180.832,08	188.199,04	193.370,65
ebt	-798.244,63	-9.073,43	544.924,76	933.831,48	1.206.844,00	1.398.498,79	1.533.040,46	1.627.488,70	1.693.791,37	1.740.335,85
taxes	-175.613,82	-1.996,15	119.883,45	205.442,93	265.505,68	307.669,73	337.268,90	358.047,51	372.634,10	382.873,89
net income	622.630,81	-7.077,27	425.041,31	728.388,56	941.338,32	1.090.829,06	1.195.771,56	1.269.441,19	1.321.157,27	1.357.461,96
Periodo de recuperación contable			4,77	años						

Elaborado por: El Autor

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones

Como resultado del diseño de la planta industrial de yogurt con colorante natural y de su evaluación económica, se determinó que el proyecto es rentable en cuenta a inversión ya que se recupera en un tiempo menor a los 5 años, pero en cuanto a producción, no es viable porque en el 5to año toda la maquinaria se habrá depreciado y se tendrá que reinvertir de nuevo en los equipos.

El mercado para el yogurt con colorante va a ser para los niños de las escuelas municipales de la ciudad de Quito, ya que el producto se puede insertar fácilmente mediante programas como “Pilas con las vitaminas”, “alimentación saludable” (12) entre otros. Por lo que se decidió establecer una producción diaria de 3000 L de yogurt y 280 kg de colorante natural.

Los procesos de producción que se tienen en la planta son: molienda, extracción, filtrado, intercambiador de calor y estandarización con un proceso térmico se reducirá el nivel de grasa en la leche asegurándose la eliminación de riesgo microbiológico en el producto final (32). En base a la capacidad y a los procesos de producción establecidos se dimensionaron y seleccionaron los equipos necesarios para la operación de la planta. Con el diseño de la planta, se ubicara en el sector de Rumiñahui ya que se tiene de manera accesible y abajo costo la leche cruda por los ganaderos que se encuentran en la región (56).

En el proceso de colorante se incluyó dos equipos de vanguardia para mejorar el proceso como son el extractor de tipo Rotocell y el secador Spray Dryer, para el primero la solución va tener mayor contacto superficial con las semillas en el segundo se podrá controlar la temperatura ya que no debe superar los 65°C (21).

Para los equipos de yogurt se asumió que los tanques fuera de techo fijo ya que no se encontraban en la tabla de datos históricos aumentando su precio en un 10% esto se determinó

comparando con precios existentes en el mercado realizado mediante entrevistas a empresas dedicadas a la fabricación de equipos para procesos derivados de leche.

Una recomendación es diversificar al colorante para las industrias textilerías y así estas podrían reducir su impacto ambiental que generan con el uso de colorante sintético (57) además que es un producto natural nuevo con un gran valor agregado.

Por último FITTFROZEN va a tratar de reducir los índices de trastorno déficit de atención con hiperactividad que aqueja a los niños en edad escolar (6), siendo un problema generado por los colorantes sintéticos como los azoicos (14).

Capítulo 7. Fuentes Consultadas

1. Mathias-Rettig K, Ah-Hen K. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*. 2014;42(2):57–66.
2. Moreno M. La importancia del color en los alimentos. *Rev Aliment* [Internet]. 2017;486:06–7. Available from: <https://www.revistaalimentaria.es/vernoticia.php?volver=¬icia=la-importancia-del-color-en-los-alimentos>
3. Juan RS. La química de los colorantes en los alimentos. *Química Viva* [Internet]. 2013;12:234–46. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86329278005>
4. FDA. Colorantes y cosméticos. *Ley Fed Alimemtos , Medicam y Cosméticos*. 2011;2(c):64.
5. Kanarek RB. Artificial food dyes and attention deficit hyperactivity disorder. *Nutr Rev*. 2011;69(7):385–91.
6. Ramos C. Prevalencia del TDAH en estudiantes ecuatorianos. *Rev Científica y Tecnológica UPSE*. 2015;III(December 2015):13–9.
7. Ju J, Zhu H, Tang Y, Zhou J. Drawing terminal based approach for expressway tunnel drafting design and system development. *Tongji Daxue Xuebao/Journal Tongji Univ*. 2006;34(8):1021–5.
8. Calvo Domper M. Trabajo Fin De Grado - Colorantes Alimentarios. 2018;20 págs. Available from: http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/MARTA_CALVO_DOMPER.pdf
9. Camino C, Espín S, Samaniego I, Carpio C. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Iniap [Internet]. 2008;12:10. Available from: <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
10. A ILTS. Industrias Lácteas Toni S.A.
11. MSP. NORMAS DE NUTRICIÓN para la prevención secundaria y control del sobrepeso y la

- obesidad en niñas, niños y adolescentes MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR COORDINACIÓN NACIONAL DE NUTRICIÓN. 2011;
12. (cidade) SP. No Title. LEI N° 16050, 31 JULHO 2014 - Política Desenvolv Urbano e o Plano Dir Estratégico do Município São Paulo [Internet]. 2014;(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025><http://dx.doi.org/10.1038/nature10402><http://dx.doi.org/10.1038/nature21059><http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibriumm/article/view/1268/1127><http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577>
 13. Tecnol V. Boletín de Vigilancia Tecnológica Extracción de pigmentos o colorantes naturales a partir de residuos de aguacate Boletín de Vigilancia Tecnológica. 2016;0–23.
 14. Garz GA. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. Acta Biol Colomb. 2010;13(3):27–36.
 15. Energ C, Pol A, Emulsiones J, Qu P, Criptograf R. Corrosión.
 16. Puente ana carolina tituaña. Evaluación del uso potencial del colorante extraído de la semilla del aguacate (*Persea americana*) como producto funcional alimenticio Ana Carolina Tituaña Puente Ana Carolina Tituaña Puente. 2019;1–90.
 17. Palta S De, Rejuvenece A. Semilla de Palta (hueso del Aguacate): Rejuvenece, Colesterol, Corazón, estreñimiento, etc. 2014;
 18. Canales Salinas RJ. Criterios para la toma de decisión de Inversiones. REICE Rev Electrónica Investig en Ciencias Económicas. 2015;3(5):101–17.
 19. El mejor programa en fitness y alimentación jamás inventado.
 20. Normativa puesta al día el 10 de diciembre de 2013 yogur Más información LECHE Y LÁCTEOS. 2013;1–2. Available from: <http://www.nutriplato.com/ingredients/view/1644>
 21. Hurtado NH, Pérez M. Identificación, estabilidad y actividad antioxidante de las antocianinas aisladas de la cáscara del fruto de Capulí (*Prunus serotina* spp capuli (Cav) Mc. Vaug Cav). Inf

- Tecnol. 2014;25(4):131–40.
22. Hennessey-Ramos L, Murillo-Arango W, Guayabo GT. Evaluation of a colorant and oil extracted from avocado waste as functional components of a liquid soap formulation. *Rev Fac Nac Agron Medellin*. 2019;72(2):8855–62.
 23. *Nutrición Hospitalaria*. 2017;
 24. SPREER E. Las bacterias en el yogur. *Libr Lact logia Ind [Internet]*. 2007;432. Available from: <https://www.textoscientificos.com/alimentos/yogur/bacterias>
 25. 33-Yogur-elaboración (1).pdf.
 26. Dabas D, Elias RJ, Lambert JD, Ziegler GR. A Colored Avocado Seed Extract as a Potential Natural Colorant. 2011;(June 2018).
 27. Mouratoglou E, Malliou V, Makris DP. Novel Glycerol-Based Natural Eutectic Mixtures and Their Efficiency in the Ultrasound-Assisted Extraction of Antioxidant Polyphenols from Agri-Food Waste Biomass. *Waste and Biomass Valorization*. 2016;7(6):1377–87.
 28. Uv D. La versatilidad de la glicerina : desde la industria alimentaria hasta la farmacéutica Contacto. *Master Univ en Quim*. 2016;
 29. Elaboradas FYH. Olicitud de observaciones e información sobre disposiciones de aditivos alimentarios para algunas frutas y hortalizas elaboradas. 2014;
 30. Rivera JAR, Ramírez AO. Elaboración de yogurt con probióticos (*Bifidobacterium spp* . y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina Yogurt making by using probiotics (*Bifidobacterium spp* . and *Lactobacillus acidophilus*) and Inulin Introducción. 2009;223–42.
 31. Xaus J leish marquez. El yogurt y su importancia. 1900;8. Available from: <http://www.laanunciataikerketa.com/trabajos/yogur/yogur.pdf>
 32. INEN. Instituto ecuatoriano de normalización- Norma Técnica Ecuatoriana. Leche pasteurizada- Requisitos. 2012;34:2–7.

33. Ecuatoriana NT, Requisitos LC. Instituto ecuatoriano de normalización. 2012;
34. INEN. Leches Fermentadas. Requisitos. Inen [Internet]. 2011;1973(Leche fermentadas.Requisitos):1. Available from: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2395.2011.pdf>
35. NTE INEN 1334-1. Rotulado de productos alimentos para consumo humano. Requisitos. 2011;1.
36. CODEX. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN.CODEX 192:2013 Norma general del CÓDEX para los aditivos alimentarios (MOD). Pagina Web [Internet]. 2013;317. Available from:<http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/ACTUALIZACION/04112014/192-CODEX-UNIDO.pdf>
37. Fao C. Directrices para la conservación de la leche cruda mediante la aplicación del sistema de la lactoperoxidasa. 1991;1-7.
38. Índice. :1-122.
39. Dabas D, Elias RJ, Lambert JD, Ziegler GR. A Colored Avocado Seed Extract as a Potential Natural Colorant. J Food Sci. 2011;76(9).
40. Espinoza A, Zapata L. Estudio de yogur. 2010;(Verificación de Producto, Evaluación de Calidad e Información Nutricional):27.
41. Izurieta S. Producción artesanal de yogurt aflanado. Sceqa. 2013;1:113.
42. García J. Método de los factores ponderados. 2014;65. Available from: https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/5075/mod_resource/content/1/Problemas/Met-Local-Ponderado-ejemplo.pdf
43. Corregido P, Corregido T. Idiomas Páginas Jurídico. Metod ordnial Ponder.
44. Bebidas C De, Capítulo A, Toxicología III. Téllez J . Aspectos Toxicológicos , Psicológicos y Sociales Relacionados con el. 2018;(July):0-214.

45. Ii OU. UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR MANUAL OPERACIONES UNITARIAS.
46. Parra Huertas R. Review. bacterias acido lacticas: papel funcional en los alimentos. Biotecnol en el Sect Agropecu y Agroindustrial BSAA. 2010;8(1):93–105.
47. Sinnott R, Towler G, Innott S. Diseño en ingeniería química.
48. ASME S. 2017 Boiler and Pressure Vessel Code, An International Code BPVC17. ASME Boil Press Vessel Code. 2017;25.
49. Ugr. Diseño Tanques De Almacenamiento. :5. Available from: http://www.ugr.es/~aulavirtualpfc/qi/descargas/documentos/Disenio_Tanques_Almacenamiento.pdf
50. _____ Diseño y Cálculo de Tanques de Almacenamiento
_____. 1. :1–130.
51. Mecánica CI. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO. 2016;
52. Para P, Diseño EL, Tubería TDE. Diseño del sistema de tuberías y cálculo de las bombas 1.
53. Alimentos CDELOS, Procesos Y, PRODAR I, Alimentos LDE, Rogério dos Santos Alves; Alex Soares de Souza et al, Nacional U, et al. Fichas técnicas Procesados de lácteos. Igarss 2014. 2003;(1):5.
54. Durán García ME, Ruiz Navas RA. Diseño de equipos de contacto sólido-líquido a elevadas presiones en el procesamiento de la biomasa. Cienc y Tecnol. 2015;1(15):25–40.
55. Váquirol JD. Periodo de recuperación de la inversión - PRI ©. 2013;1–3. Available from: <http://www.pymesfuturo.com/pri.htm>
56. Municipio de Rumiñahui. Línea de Tiempo, Rumiñahui 1938-2016. 2016; Available from: http://www.ruminahui.gob.ec/images/d/2016/06/Linea_de_Tiempo.pdf

57. Proyecto DDEL. Capitulo iii organización. :49–72.
58. Ingeniería IALA, Vi C, Ing D, Lucía D. Balance de masa. 2018;
59. Ingenier A. Tema VI : Balances de energ í a.

8. Anexos

Anexo 1. Balance de masa y energía

El balance de masa es la aplicación de la ley de la conservación de la masa, la cual establece que la materia no se crea ni se destruye solo se transforma (47). Un balance de masa es la contabilización de materia en un proceso o una serie de procesos , se pueden realizar balances de masa global o parciales dependiendo de los valores de interés, para la realización de un balance de masa se define las fronteras del sistema y sus alrededores (58).

El sistema es una porción arbitraria o todo un proceso establecido específicamente para su análisis y los alrededores es lo que no se incluyó en el sistema (47). Se debe establecer el tipo de sistema que se está tratando, habiendo solo dos clases de sistemas el abierto es el cual existe libre flujo de masa hacia adentro del sistema figura 1 (58).

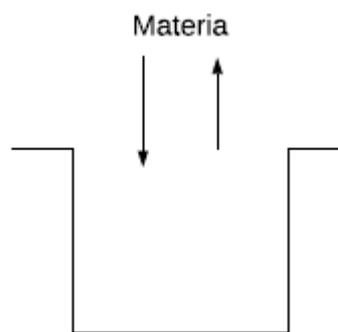


Figura 13. Sistema abierto para el balance de masa para los procesos de yogurt y colorante

La siguiente ecuación expresa en palabras el concepto del balance de masa:

$$\begin{aligned} (\text{Acumulación}) = & (\text{Materia que entra a sistema}) - (\text{Materia que sale del sistema}) + \\ & (\text{Generación dentro del sistema}) - (\text{Consumo del sistema}) \quad [3.2] \end{aligned}$$

Para el caso del proceso de producción del colorante natural no existe una generación de materia dentro del sistema, ni un consumo por parte del sistema, así que se tendrá un valor de cero. También se asume un estado estacionario es decir el cual asume todas las variables dentro del sistema no cambian significativamente con el tiempo haciendo que el termino de acumulación sea cero de la ecuación 1. Dando como resultado del balance de masa sea $\text{Materia que entra al sistema} = \text{Materia que sale del sistema}$

Balance de energía

Para realizar un proceso de calentamiento se deben conocer las propiedades térmicas tanto del producto como del equipo utilizado con el fin de realizar un balance de energía. De acuerdo con la ley de la conservación de la energía la cual establece: “la energía se puede convertir de una forma a otra, pero no se puede destruir” (47). Para el cálculo de un balance de energía se determina en primer lugar en qué dirección ocurre el flujo de calor. Hay dos posibilidades (1) desde el sistema hacia los alrededores o (2) desde los alrededores al sistema. En el segundo caso es el que se aplicara para la producción de yogurt, entonces el balance de energía se puede expresar de la siguiente manera:

$$\Delta Q_{sistema} = -\Delta Q_{alrededores} \quad (3.3)$$

La determinación de la cantad de energía que se necesita para calentar la leche a un intervalo de temperatura es:

$$q = m * C_p * \Delta T \quad (3.4)$$

En donde la q [J] es el calor ganado o perdido, m [Kg] es la masa de la sustancia que ha variado su temperatura en un intervalo de tiempo ΔT [°C], C_p es el calor especifico [J/(Kg*°C)] se refiere a la cantidad de energía requerida para elevar un grado la temperatura de una unidad de masa de sustancia, para el caso del yogurt se guio por medio de bibliografía(59).

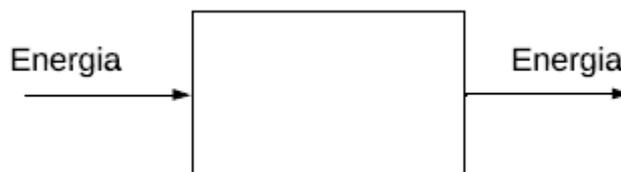


Figura 14. Sistema cerrado para el balance de energía para el proceso de yogurt

Resolución de los balances de masa y energía para cada proceso

Balance de Masa para el proceso de Lavado.

$$M_1 + M_2 = M_3 + M_4$$

Esta corriente sería la M_3 de semillas lavadas, reemplazando los datos:

$$M_3 = 279 \text{ kg}$$

$$1280 \text{ kg} - 279 + M_4$$

$$M_4 = 1001 \text{ kg}$$

Balance de Masa para la Molienda:

$$M_3 = M_5 + M_6$$

El peso de las semillas se conoce y además se toma en cuenta las pérdidas de 1% :

$$M_5 = 274.43 \text{ Kg}$$

$$M_6 = 4.57 \text{ kg}$$

Balance de masa para la Extracción:

$$M_5 + M_7 = M_8 + M_9$$

$$M_7 = 280 \text{ L} * \frac{1.0039 \text{ kg}}{\text{L}}$$

$$M_7 = 281.092 \text{ kg}$$

El peso de la torta de extracción es:

$$M_8 = 280.94 \text{ kg}$$

Solución coloreada con solidos:

$$M_9 = 277 \text{ kg}$$

Balance de masa del clarificador:

$$M_9 = M_{10} + M_{11}$$

$$M_{10} = 274 \text{ kg}$$

Balance de masa Secado.

$$M_{10} = M_{12} + M_{13}$$

$$\text{Eficiencia global} = \frac{X}{280 \text{ kg}}$$

Despejando X se obtiene 16.8 kg de colorante en polvo:

$$M_{13} = 274 - 16.8$$

$$M_{13} = 257.2 \text{ kg}$$

Balance de masa para la elaboración del yogurt

Balance de masa para el proceso de envasado:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$M_4 - M_4 x_4 = 2000 \text{ L}$$

La x_4 es el 3% de grasa que sale de la leche:

$$M_4 - 3\%M_4 = 2000 \text{ L}$$

$$M_4 = 2061.85 \text{ L}$$

Balance de masa para el Batido:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$M_3 + M_3 * x_3 + M_3 * x_3 = M_4$$

$$M_3 + 2\% * M_3 + 5\% * M_3 = 2061.85$$

$$x_3 = 1.926E3 \text{ L}$$

Balance de masa para la Inoculación.

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$M_2 + M_2 * x_2 = M_1$$

$$M_2 + 3\%M_2 = M_1$$

$$x_2 = 1864.07 \text{ L}$$

Balance de masa para la Estandarización

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$M_1 * 10\% * M_1 = 1864.07$$

$$x_1 = 1690.9 \text{ L}$$

Balance de energía del yogurt.

tanque de recepción

Para el balance de energía se parte de la primera ley de la termodinámica para sistemas cerrados:

$$\Delta U + \Delta E_p + \Delta E_c = Q - W \quad (1)$$

Se asume :

1. EL trabajo realizado por el sistema es despreciable
2. Sistema estacionario
3. No existe variaciones de energía cinética ni potencial en el sistema

La ecuación 1 se reduce:

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad (2)$$

Donde:

Q : Calor (J)

m: masa (g)

C_p : Calor específico (J/g*K)

ΔT : Variación de temperatura (K)

Con la densidad de la leche transformamos de litros a gramos:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3)$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 1.72E6 \text{ g}$$

$$Q = 1.72E6 * 3.85 * (273 - 277)$$

$$Q = -26488 \text{ KJ}$$

Calentamiento:

$$T_0 = 4^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 45^{\circ}\text{C}$$

$$C_p = 4.08 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad (4)$$

$$Q = 1.72\text{E}6 * 4.08 * (45 - 4)$$

$$Q = 287.72\text{E}6 \text{ J}$$

Estandarización de la grasa

$$T_0 = 4^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 55^{\circ}\text{C}$$

$$C_p = 4.019 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad (5)$$

$$Q = 1.72\text{E}6 * 4.019 * (55 - 4)$$

$$Q = 352.54\text{E}6 \text{ J}$$

homogenización.

$$T_0 = 65^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 70^{\circ}\text{C}$$

$$C_p = 3.85 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$Q = m * C_p * \Delta T \text{ (5)}$$

$$Q = 1.72E6 * 3.85 * (70 - 65)$$

$$Q = 33.11E6$$

Pasteurización

$$T_0 = 72^\circ C$$

$$T_f = 85^\circ C$$

$$C_p = 3.85 \frac{J}{g * ^\circ C}$$

$$Q = m * C_p * \Delta T \text{ (5)}$$

$$Q = 1.72E6 * 3.85 * (85 - 72)$$

$$Q = 386.08E6 J$$

$$T_0 = 85^\circ C$$

$$T_f = 42^\circ C$$

$$C_p = 3.85 \frac{J}{g * ^\circ C}$$

$$Q = 1.72E6 * 3.85 * (42 - 85)$$

$$Q = -284.74E6 J$$

Inoculación

$$T_0 = 95^\circ C$$

$$T_f = 45^\circ C$$

$$C_p = 3.85 \frac{J}{g * ^\circ C}$$

$$Q = 1.72E6 * 3.85 * (95 - 45)$$

$$Q = 331.1E6 J$$

ANEXO 2. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS PRINCIPALES DE LA EXTRACCIÓN DE COLORANTE.

Tanque de Almacenamiento.

Caudal.

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Despejando el volumen:

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{280000}{0.6}$$

$$v = 466.6 L$$

Insertando los datos en la ecuación 1:

$$Q = \frac{466.6}{180}$$

$$Q = 2.60 L/s$$

Se calcula el volumen para el almacenamiento de las materias primas:

$$V = Q * t$$

$$Q = 2.60 \frac{L}{s} * \frac{0.001 m^3}{1L} * \frac{3600 s}{1 h}$$

$$Q = 9.33 \frac{m^3}{h}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 2:

$$V = 9.33 \frac{m^3}{h} * 60h$$

$$V = 560 m^3$$

Para dos tanques iguales:

$$V = \frac{\text{Volumen total}}{2}$$

$$V = \frac{560 m^3}{2}$$

$$V = 280 m^3$$

El factor de seguridad es de 4%:

$$V = 291.2 m^3$$

Diámetro y altura del tanque.

volumen de un cilindro:

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$2 * r = \frac{2}{3} h$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{9V}{\pi}}$$

$$h = 30.91 \text{ m}$$

El cálculo del fondo del tanque:

$$h = \frac{D}{4}$$

$$h = \frac{20.61}{4}$$

$$h = 5.15 \text{ m}$$

Dimensionamiento de una bomba centrífuga

$$Q = V * A$$

$$V = 0.9 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \frac{3600\text{s}}{1\text{h}}$$

$$V = 3240 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$Q = V * \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * Q}{V * \pi}}$$

$$D = 0.084 \text{ m}$$

Tubería de Succión .

$$V = 0.3 \frac{m}{s} * \frac{3600s}{1h}$$

$$V = 1080 \frac{m}{h}$$

$$D = 0.014 m$$

Potencia de la bomba

$$Pu = \rho * g * Q * H$$

$$Pu = \frac{Q * H * S}{75}$$

$$Pu = 0.084 HP$$

$$Pu = 62.63 W$$

Perdidas en tuberías:

$$hf = \frac{1760 * L * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.43}}{D^{4.87}}$$

$$hf = 8.50 m \quad (37)$$

Calculo por perdidas en accesorios

$$h_i = K_i * \frac{v^2}{2g} \quad (38)$$

$$h_i = 0.41 m$$

La altura dinámica total (ADT)

$$ADT = \frac{H_{geo} + (P_a - P_b) + (V_a^2 - V_b^2)}{2g + \Sigma H_f}$$

$$ADT = 6 \text{ m}$$

Cavitación

$$NPSH = \frac{P_a - P_v}{S} + H_{suc} - H_f$$

$$NPSH = 279.50E3$$

Con el grafico de selección de bombas se obtiene una bomba de KND 32-125.1

Tanque desnatador

El primer parámetro a calcular el volumen total del recipiente y para eso se dispone de una plancha de 1.22 m x 2.44 m:

$$p = 2\pi r \quad (1)$$

Despejando r:

$$r = \frac{p}{2\pi} \quad (2)$$

$$r = 0.388 \text{ m}$$

El diámetro:

$$D = 2 * 38.8 \quad (4)$$

$$D = 0.776 \text{ cm}$$

Volumen mínimo para almacenar la semilla:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (6)$$

$$V = 0.301 \text{ m}^3$$

$$V = \pi * r^2 * h \text{ (8)}$$

$$h = \frac{V}{\pi * r^2} \text{ (9)}$$

$$h = 0.63 \text{ m}$$

La entrada del tanque no solo es la semilla sino también el agua, la relación agua semilla es a volúmenes iguales, la altura se le va dividir en un factor de 2:

$$h_{agua} = 0.32$$

$$h_{semilla} = 0.32$$

$$h_{util} = h_s + h_a \text{ (11)}$$

$$h_{util} = 0.64 \text{ m}$$

La configuración geométrica final del tanque será:

$$h = 0.94 \text{ y } r = 0.388 \text{ m}$$

Dimensionamiento de la malla

Para la malla:

$$L = 30 \text{ cm}$$

$$D = 20 \text{ cm}$$

Dimensionamiento yogurt.

Tanque de recepción de leche cruda.

$$V_R = V_L + V_{Holgura} \text{ (1)}$$

$$V_{Holgura} = F_s * V_L \quad (2)$$

Donde:

V_L = Volumen de la leche (L)

F_s = adimensional

$V_{Holgura}$ = Volumen de holgura (L)

Se inserta los datos en la ecuación 2

$$V_{Holgura} = 338.18 \text{ L}$$

Reemplazando el dato $V_{Holgura}$ en la ecuación 1:

$$V_R = 2.028 \text{ m}^3$$

La forma del tanque es cilíndrico

$$V_{cilindro} = \pi * \frac{D^2}{4} * H \quad (3)$$

Mediante la siguiente formula:

$$D = \frac{2}{3} * H \quad (4)$$

La ecuación 4 se inserta en la 3:

$$V_{cilindro} = \pi * \frac{H^3}{6} \quad (5)$$

$$H = 0.37 \text{ m}$$

$$D = 2.25 \text{ m} \quad (4)$$

Tanque agitador.

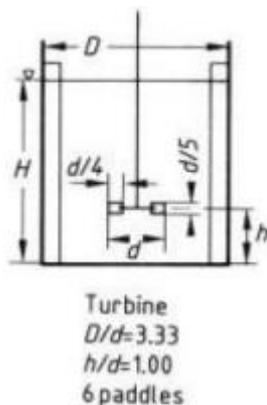


Figura15. Dimensión de turbina de 6 aspas

Fuente. ULLMANN'S, ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY, Wiley-VCH, séptima edición, 2010.

$$Re = \frac{\rho * V * D^2}{u} \quad (2)$$

$$Re = \frac{1038 * 2 * 0.18}{0.00355} \quad (3)$$

$$Re = 1.05E4$$

Para el cálculo de la potencia se calcula:

$$P = N_p * n^3 * d_A^5 * \rho \quad (4)$$

$$P = 5 * (2s^{-1})^3 * 0.18^5 * 1038 \quad (5)$$

$$P = 8W$$

$$y = n * \theta \quad (6)$$

Como se puede observar en la figura el valor de $y = 100$.

Reemplazando en la ecuación 6 y despejando para el tiempo de batido:

$$\theta = \frac{100}{2s^{-1}} \quad (7)$$

$$\theta = 50 \text{ s}$$

El tiempo para lograr un buen batido son 50 segundos.

Pasteurizador

Método de la diferencia de temperaturas

Flujo de calor

$$Q = U * A * \Delta T \quad (1)$$

Donde:

U = coeficiente global de transferencia de calor (W/m²K)

A = área total de transferencia (m²)

ΔT = diferencia de temperaturas (°C)

Para el calor cedido o ganado por los fluidos:

$$Q = (\dot{m} * C_p) * \Delta T \quad (2)$$

Donde:

\dot{m} = flujo ya sea caliente o frío

C_p = capacidad calorífica

ΔT = diferencia de temperatura

Diferencia media logarítmica de temperatura (DMLT)

Este tipo de intercambiadores se diseñan para que funcionen con fluidos en contracorriente:

$$\Delta T_m = \Delta T_{ml} = \frac{(T_{h,i} - T_{c,o}) - (T_{h,o} - T_{c,i})}{\ln\left(\frac{T_{h,i} - T_{c,o}}{T_{h,o} - T_{c,i}}\right)} \quad (3)$$

Donde:

$T_{h,i}$ = temperatura de entrada del fluido caliente (°C)

$T_{h,o}$ = temperatura de salida del fluido caliente (°C)

$T_{c,i}$ = temperatura de entrada del fluido frío (°C)

$T_{c,o}$ = temperatura de salida del fluido frío (°C)

Área transferencia.

Se calculara de la siguiente manera:

$$A = N * L * W \quad (4)$$

Número de placas

El número de placas necesarias :

$$N = \frac{A}{A_p}$$

El coeficiente global de transferencia global de calor U depende de los coeficientes de transferencia de calor por convección de los fluidos caliente y frío, la ecuación es la siguiente:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_h} + \frac{tp}{K_m} + \frac{1}{h_c} + ff_h + ff_c}$$

Donde:

h_h = coeficiente de convección de los fluidos caliente.

h_c = coeficiente de convección de los fluidos frío

K_m = conductividad térmica del material

t_p = espesor de la placa

ff_h = factor de ensuciamiento fluido caliente

ff_c = factor de ensuciamiento fluido frío

ANEXO 3. ESTIMACIÓN DE ECONOMÍA DE LOS EQUIPOS PARA LOS PROCESOS

Se utilizará los factores de Hang, su fórmula es la siguiente

$$C_e = a + bS^n \quad (4)$$

Tabla 15. Inversión de capital fijo

Costo de los equipos para la elaboración de Colorante y yogurt						
Equipos	S	Unidades	Ce	Hang	Fm	C
Tanque para la semilla	291,2	m ³	79312,5	4	1,3	412425,1
Tanque para el agua	1000	m ³	181249,6	4	1,3	942498
Bomba Centrifuga	0,05	L/s	6913,9	4	1,3	33495
Motor	0,06263	Kw	-614,2	4	-	-
Tanque lavador	405,8	m ³	98744,6	4	1,3	513472
Molino de cuchillos	5000	kg/h	55719,3	2,5	1,0	139298
Total						2042189
Tanque leche cruda	2627,7	m ³	351602,0	4	1,3	1828330,5
Tanque de estandariza	2627,7	m ³	351602,0	4	1,3	1828330,5
Intercambiador placa	0,43	m ²	1430,7	3,5	1,0	5007,6
tanque batido	3092,8	m ³	393485,1	4	1,3	2046122,3
tanque incubación	2890,5	m ³	375517,8	4	1,3	1952692,7
tanque para el yogurt	3000	m ³	385288,3	4	1,3	2003498,9
Total						7617860

Elaborado por: El autor

Coste ISBL

Costo ISBL:

$$C(ISBL) = \$96,600.49$$

Coste OSBL

$$C_{OSBL} = \$96,600.49 * 40\%$$

$$C_{OSBL} = \$38,640.195$$

Costes de ingeniería y construcción

Costos de ingeniería:

$$C_{Ingenieria} = 30\% * (\$96,600.49 + \$38,640.195)$$

$$C_{Ingenieria} = \$405,722,48$$

Gasto imprevistos

Gastos Imprevistos

$$C_{imprevistos} = 10\% * (\$96,600.49 + \$38,640.195)$$

$$C_{imprevistos} = \$96,6004,876$$

El capital fijo total: Es la suma de los 4 puntos anteriores

$$C_{capital\ fijo} = \$18547294$$

Capital de Trabajo.

Valor de inventario de materias primas

Costos de materia prima del colorante

$$\frac{1750 \text{ aguacates}}{\text{dia}} * 300 \text{ dias} * \frac{\$0.60}{1 \text{ aguacate}} = \$31500$$

Para los solventes

$$31.2 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} * 300 \frac{\text{dia}}{\text{año}} * 180 \frac{\$}{\text{Kg}} = 1684 \frac{\$}{\text{año}}$$

Costo de materias primas:

$$C_{MP} = \$33184$$

Costos de materia prima de la leche

El costo de la leche cruda:

$$\frac{2627.72 \text{ leche}}{\text{dia}} * \frac{300 \text{ dias}}{\text{año}} * \frac{\$0.42}{L \text{ leche}} = \$ 331.092$$

Colorante:

$$C_{MPC} = \$33184$$

Fermento láctico.

$$\frac{\$12}{\text{kg}} * 1.74 \text{ kg} * 300 \text{ dias} = \$ 62.64$$

Azúcar

$$\frac{\$44}{100\text{kg}} * 320 \text{ kg} * 300 \text{ dias} = \$ 42240$$

El costo total yogurt más colorante :

$$C_{total} = \$103476.64$$

Costo de materias primas para dos semas:

$$C_{total} = \$4828$$

Otros costos

$$C = \$94664 * 10\% = 9466$$

Administrativos

$$C_{luz} = \$0.09 \frac{KW}{h} * 7200 h = \$648$$

$$C_{agua} = \frac{280 L}{dia} * \frac{300 dias}{año} * \$0.72 = \$6048$$

$$C_{total} = \$61128$$

Para dos semanas servicios básicos:

$$C_{servicios basicos} = \$312.48$$

El costo del producto por 2 semanas:

$$C_{producto} = \$12005$$

Efectivo en caja

$$C_{producción} = 6002.74$$

Cuentas a cobrar

$$C_{producción} = \$25725$$

Inventario de piezas de repuestos

$$C_{inventario} = 2\% * (\$465679.5)$$

$$C_{Invnetario} = \$9313.59$$

Costo de capital de trabajo:

$$C_{\text{capital de trabajo}} = \$53046.33$$

Costo fijo de producción

Trabajo de operación

$$C_{\text{mano obra}} = \$25900$$

Supervisión

$$C_{\text{supervisión}} = 25\% * 25900 = \$6475$$

Gastos Salariales

$$C_{\text{producción}} = (40\% * 25900) + 6475 = 16835$$

Mantenimiento

$$C_{\text{producción}} = 3\% * \$465697 = \$13970.3$$

Impuesto sobre la propiedad

$$C_{\text{producción}} = 1\% * \$465697 = \$4656.8$$

Gastos ambientales

$$C_{\text{gastos ambientales}} = \$6519.5$$

Total de los costos fijos:

$$C_{\text{costos fijos}} = \$74356.6$$

ANEXO 4. TABLA CON DATOS TÉCNICOS PARA LOS EQUIPOS DE COLORANTE Y TABLA CALCULO DE LA MANO DE OBRA

Molino de cuchillos.

Tabla 16. Datos técnicos del molino de cuchillas

Datos técnicos del Molino de Cuchillas	
RPM de trabajo	3000 RPM
Potencia de trabajo	3 HP
Numero de cuchillas	16
Capacidad de trabajo	5 - 8 Tn/h
Tamaño máximo de entrada	28 mm
Tamaño de salida	0-5 mm

Elaborado por: El autor

Extracto de Rotocell

Tabla 17. Datos técnicos del extractor de Rotocell

Datos técnicos de Extractor de Rotocell	
Ancho del tanque	1418 mm
Altura del Tanque	1266 mm
Volumen	141 m ³
Forma del tanque	Cilíndrico
Espesor de la lamina	4,5 mm
Tamaño de poro del filtro	2 mm

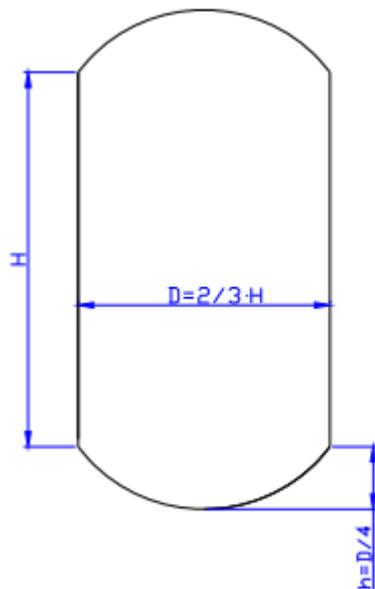
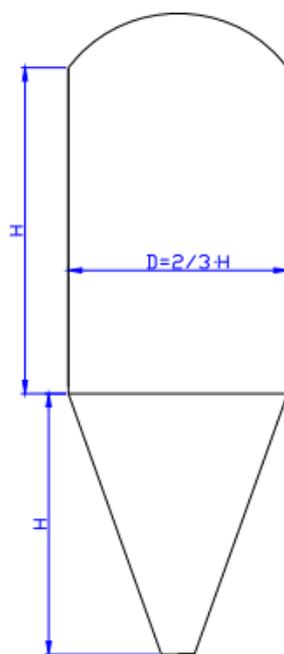
Elaborado por: El autor

Cálculo de la Mano de obra

Tabla 18. Salario de operarios

Concepto	Mensual	Anual	2 semanas
Sueldo	\$400	\$4800	\$800
Aporte al IESS	\$44.6	\$535.2	89.2
Décimo tercera remuneración		\$400	400
Decimocuarta remuneración		\$400	400
Fondos de reserva	\$33.32	\$399.84	\$66.64
4 operarios		\$25900	\$7023
Total		\$6475.04	\$1755.84

Elaborado por: El autor

ANEXO 5. PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.**Figura 16.** Tanque de almacenamiento líquidos**Figura 17.** Tanque de almacenamiento sólidos

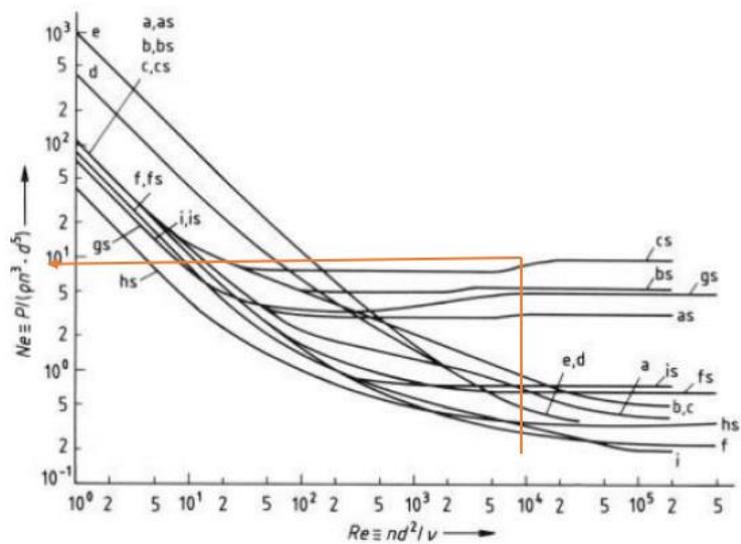


Figura 18. Cálculo para la potencia de las aspas

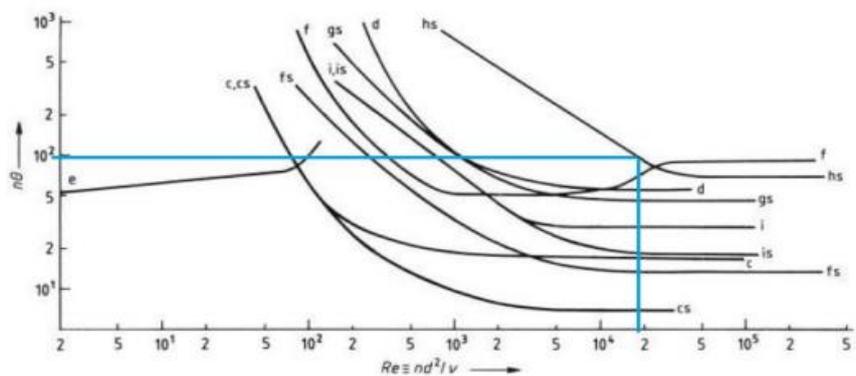


Figura 19. Cálculo del tiempo de agitación

ANEXO 6. PONDERACIÓN UTILIZADA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

Tabla 19. Cálculo de ponderación para la elección de proceso colorante

Criterio	Facilidad de manejo	Costos	Mantenimiento	Tiempo de operación	$\Sigma+1$	Ponderación
Facilidad de manejo	1	1	0,5	0,5	2,5	0,33
Costos	1	1	0,5	1	2,50	0,33
Mantenimiento	1	0,5	1	0,5	2,50	0,33
Tiempo de operación	1	0,5	0,5	1	3,00	0,40
Suma					7,50	1,00

Facilidad de manejo	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación	
Alternativa A	1	1	2	0,7	
Alternativa B	0	1	1	0,3	
Suma			3	1,0	
Alternativa A > Alternaitva B					
Costos	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación	
Alternativa A	1	1	2	0,6	
Alternativa B	0,5	1	1,5	0,4	
Suma			3,5	1,0	
Alternativa A = Alternaitva B					
mantenimiento	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación	
Alternativa A	1	0,5	1,5	1,5	
Alternativa B	0,5	1	1,5	1,5	
Suma			1	1	
Alternativa A = Alternaitva B					
Tiempo de operación	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación	
Alternativa A	1	1	2	2,0	
Alternativa B	0,5	1	1,5	1,5	
Suma			1	1	
Alternativa A = Alternaitva B					
Conclusión	Facilidad de manejo	Costo	Mantenimiento	Tiempo de extracción	Σ
Alternativa A	0,2	0,2	0,5	0,7	0,9
Alternativa B	0,1	1,1	0,5	0,5	0,61

Elaborado por: El autor

Tabla 20. Cálculo de ponderación selección de proceso de yogurt

Criterio	Facilidad de manejo	Costos	Mantenimiento	Tiempo de operación	$\Sigma+1$	Ponderación
Facilidad de manejo	1	0,5	1	0,5	2,5	0,33
Costos	0,5	1	1	1	2,50	0,33
Mantenimiento	1	0,5	1	0,5	2,50	0,33
Tiempo de operación	0,5	1	1	1	3,50	0,47
Suma					7,50	1,00

Facilidad de manejo	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación	
Alternativa A	1	0,5	1,5	0,4	
Alternativa B	0,5	1	1,5	0,4	
Suma			3,5	1,0	
Alternativa B > Alternativa A					
Costos	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación	
Alternativa A	1	0,5	1,5	0,5	
Alternativa B	0,5	1	1,5	0,5	
Suma			3	1,0	
Alternativa A = Alternativa B					
mantenimiento	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación	
Alternativa A	1	0,5	1,5	2,0	
Alternativa B	0,5	1	1,5	1,5	
Suma			1	1	
Alternativa A > Alternativa B					
Tiempo de operación	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación	
Alternativa A	1	0,5	1,5	1,5	
Alternativa B	0,5	1	1,5	1,5	
Suma			1	1	
Alternativa A = Alternativa B					
Conclusión	Facilidad de manejo	Costo	Mantenim	Tiempo de extracción	Σ
Alternativa A	0,1	0,2	0,7	0,5	0,6
Alternativa B	0,2	1,3	0,5	0,5	0,69

Elaborado por: El autor

ANEXO 7. NORMAS INEN

TABLA 1. Requisitos fisicoquímicos de la leche cruda.

REQUISITOS	UNIDAD	MIN.	MAX.	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad relativa: a 15 °C A 20 °C	-	1,029 1,028	1,033 1,032	NTE INEN 11
Materia grasa	% (fracción de masa) ^d	3,0	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,17	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (fracción de masa)	11,2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa)	8,2	-	*
Cenizas	% (fracción de masa)	0,65	-	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico) **	°C °H	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	NTE INEN 15
Proteínas	% (fracción de masa)	2,9	-	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)***	h	3	-	NTE INEN 018
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	Para leche destinada a pasteurización: No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68 % en peso o 75 % en volumen; y para la leche destinada a ultrapasteurización: No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 71 % en peso o 78 % en volumen			NTE INEN 1500
Presencia de conservantes ¹⁾	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de neutralizantes ²⁾	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de adulterantes ³⁾	-	Negativo		NTE INEN 1500
Grasas vegetales	-	Negativo		NTE INEN 1500
Suero de Leche	-	Negativo		NTE INEN 2401
Prueba de Brucelosis	-	Negativo		Prueba de anillo PAL (Ring Test)
RESIDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS ⁵⁾	ug/l	---	MRL, establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MRL 2	Los establecidos en el compendio de métodos de análisis identificados como idóneos para respaldar los LMR del codex ⁶⁾

* Diferencia entre el contenido de sólidos totales y el contenido de grasa.
 ** °C= °H · f, donde f= 0,9656
 *** Aplicable a la leche cruda antes de ser sometida a enfriamiento
 1) Conservantes: formaldehído, peróxido de hidrógeno, cloro, hipocloritos, cloraminas, lactoperoxidasa adicionada y dióxido de cloro.
 2) Neutralizantes: orina, carbonatos, hidróxido de sodio, jabones.
 3) Adulterantes: Harina y almidones, soluciones azucaradas o soluciones salinas, colorantes, leche en polvo, suero de leche, grasas vegetales.
 4) *Fracción de masa de B, W_g; Esta cantidad se expresa frecuentemente en por ciento, %. La notación "% (m/m)" no deberá usarse".
 5) Se refiere a aquellos medicamentos veterinarios aprobados para uso en ganado de producción lechera.
 6) Establecidos por el comité del Codex sobre residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos

NOTA 1. Se podrán presentar variaciones en estas características, en función de la raza, estación climática o alimentación, pero estas no deben afectar significativamente las características sensoriales indicadas.

5.1.3 *Contaminantes.* El límite máximo para contaminantes es el que se indica en la tabla 2.

TABLA 2. Límites máximo para contaminantes

Requisito	Límite máximo (LM)	Método de ensayo
Plomo, mg/kg	0,02	ISO/ITS 6733
Aflatoxina M1, µg/kg	0,5	ISO 14674

5.1.4 *Requisitos microbiológicos.* La leche cruda debe cumplir con los requisitos especificados en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos de la leche cruda tomada en hato

Requisito	Límite máximo	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos REP, UFC/cm ³	1,5 x 10 ⁶	NTE INEN 1529-5
Recuento de células somáticas/cm ³	7,0 x 10 ⁵	AOAC – 978.26

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Las condiciones mínimas de pasteurización son aquellas que producen efectos bactericidas equivalentes a las producidas por las combinaciones de tiempo-temperatura siguientes: 72 °C durante 15 segundos (pasteurización de flujo continuo) o 62 °C - 65 °C durante 30 minutos (pasteurización en lotes). Pueden obtenerse otras combinaciones equivalentes representando gráficamente la línea que pasa por estos puntos en un gráfico logarítmico de tiempo temperatura.

4.2 La leche pasteurizada, debe ser enfriada a temperatura de 4 °C ± 2 °C.

4.3 La leche cruda destinada a la elaboración de leche pasteurizada, debe cumplir con lo establecido en la NTE INEN 09.

4.4 La leche para pasteurización debe someterse a un proceso de limpieza (filtración o centrifugación (clarificación)).

4.5 La leche pasteurizada debe presentar un aspecto normal, estar limpia y libre de calostro.

4.6 No debe contener sustancias extrañas ajenas a la naturaleza del producto como: conservantes (formaldehído, peróxido de hidrógeno, hipocloritos, cloraminas, dicromato de potasio, lactoperoxidasa adicionada), adulterantes (harinas, almidones, sacarosa, cloruros, suero de leche, grasa vegetal), neutralizantes, colorantes y antibióticos, en cantidades que superen los límites indicados en la tabla 1.

4.7 Los productos regulados por las disposiciones de la presente norma se deben preparar y manipular de conformidad con lo establecido en la legislación nacional vigente sobre Buenas prácticas de Manufactura o en las secciones correspondientes del Código Internacional de Prácticas Recomendado para Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1996, Rev. 4-2003), Códigos de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos (CAC/RCP 57-2004). La leche pasteurizada, a más de las disposiciones señaladas en la presente norma, debe cumplir con las disposiciones del Reglamento de leches y productos lácteos del Ministerio de Salud Pública.

4.8 Se recomienda que desde la producción de las materias primas hasta el punto de consumo, los productos regulados por esta norma deben estar sujetos a una serie de medidas de control, las cuales podrán incluir, por ejemplo, la aplicación del sistema HACCP, y debe demostrarse que estas medidas pueden lograr el grado apropiado de protección de la salud pública.

4.9 La leche pasteurizada, opcionalmente puede ser adicionada, enriquecida o fortificada de vitaminas A y D de acuerdo a lo que establece la NTE INEN 1334-2.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos de la leche pasteurizada

REQUISITOS	UNIDAD	ENTERA		SEMIDESCREMADA		DESCREMADA		MÉTODO DE ENSAYO
		MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
Densidad Relativa a 15°C	-	1,029	1,033	1,030	1,033	1,031	1,036	NTE INEN 11
a 20°C	-	1,028	1,032	1,029	1,032	1,030	1,035	
Contenido de grasa	% (fracción de masa)	3,0	-	≥ 1,0	< 3,0	-	< 1,0	NTE INEN 12
Acidez titulable, expresada como ácido Láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,18	0,13	0,18	0,13	0,18	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (fracción de masa)	11,30	-	8,80	-	8,30	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa)	8,30	-	8,20	-	8,20	-	-
Ceniza	% (fracción de masa)	0,65	0,80	0,70	0,80	0,70	0,80	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto de congelación)***	°C °H	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	NTE INEN 15
Proteínas	% (fracción de masa)	2,9	-	2,9	-	2,9	-	NTE INEN 16
Ensayo de fosfatasa	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 19
Ensayo de Peroxidasa	-	Positivo		Positivo		Positivo		NTE INEN 2334
Presencia de conservantes ¹⁾	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de neutralizantes ²⁾	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de adulterantes ²⁾	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Grasa Vegetal	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Suero de Leche	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 2401
RESIDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS ³⁾	ug/l	-	LMR establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MLR2	-	LMR, establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MLR 2	-	LMR, establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MLR 2	Los establecidos en el compendio de métodos de análisis identificados como idóneos para respaldar los LMR del CODEX
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68 % en peso o 75 % en volumen							NTE INEN 1500
Cuando el producto haya sido reducido en su contenido de lactosa								
Lactosa en el producto parcialmente deslactosado	% (fracción de masa)	--	1,4	--	1,4	--	1,4	AOAC 984.15.15 Edc. Vol. 2
Lactosa en el producto bajo en lactosa	% (fracción de masa)	--	0,7	--	0,7	--	0,7	AOAC 984.15.15 Edc. Vol. 2

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 A las leches fermentadas podrán añadirse: azúcares o edulcorantes permitidos, frutas frescas enteras o en trozos, pulpa de frutas, frutas secas y otros preparados a base de frutas. El contenido de fruta adicionada no debe ser inferior al 5 % (m/m) en el producto final.

6.1.2 Se permite la adición de otros ingredientes como: hortalizas, miel, chocolate, cacao, coco, café, cereales, especias y otros ingredientes naturales. Cuando se utiliza café el contenido máximo de cafeína será de 200 mg/kg, en el producto final. El peso total de las sustancias no lácteas agregadas a las leches fermentadas no será superior al 30% del peso total del producto.

6.1.3 La leche fermentada con frutas u hortalizas, al realizar el análisis histológico deben presentar las características propias de la fruta u hortaliza adicionada.

6.1.4 Las leches fermentadas, ensayadas de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con lo establecido en la tabla 1.

TABLA 1. Especificaciones de las leches fermentadas

REQUISITOS	ENTERA		SEMIDESCREMADA		DESCREMADA		METODO DE ENSAYO
	Min %	Max %	Min %	Max %	Min %	Max %	
Contenido de grasa	2,5	---	1,0	<2,5	---	<1,0	NTE INEN 12
Proteína, % m/m En yogur, kéfir, kumis, leche cultivada	2,7	--	2,7	--	2,7	--	NTE INEN 16
Alcohol etílico, % m/v En kéfir suave En kéfir fuerte Kumis	0,5 -- 0,5	1,5 3,0 ---	0,5 -- 0,5	1,5 3,0 ---	0,5 -- 0,5	1,5 3,0 ---	NTE INEN 379
Presencia de adulterantes ¹⁾	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Grasa Vegetal	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Suero de Leche	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 2401

* Expresado como ácido láctico

1) Adulterantes: Harina y almidones (excepto los almidones modificados) soluciones salinas, suero de leche, grasas vegetales.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos obligatorios. En el rótulo del producto envasado debe aparecer la siguiente información según sea aplicable:

5.1.1 Nombre del alimento

5.1.1.1 El nombre debe indicar la verdadera naturaleza del alimento, y normalmente, debe ser específico y no genérico, de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- Cuando se hayan establecido uno o varios nombres para un alimento, se debe utilizar por lo menos uno de estos nombres o el nombre prescrito por la legislación nacional.
- Cuando no se disponga de tales nombres, se debe utilizar un nombre común o usual, consagrado por el uso corriente como término descriptivo apropiado, que no induzca a error o a engaño al consumidor.
- Se podrá emplear un nombre "acuñado", de "fantasía" o "de fábrica", o una "marca registrada", siempre que vaya acompañado de uno de los nombres indicados en los literales a) y b).

5.1.1.2 En la cara principal de exhibición del rótulo, junto al nombre del alimento, en forma legible, aparecerán las palabras o frases adicionales necesarias para evitar que se induzca a error o engaño al consumidor con respecto a la naturaleza, origen y condición física auténticas del alimento que incluyen pero no se limitan al tipo de medio de cobertura, la forma de presentación o su condición o el tipo de tratamiento al que ha sido sometido, por ejemplo, deshidratación, concentración, reconstitución, ahumado, etc.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos obligatorios. En el rótulo del producto envasado debe aparecer la siguiente información según sea aplicable:

5.1.1 Nombre del alimento

5.1.1.1 El nombre debe indicar la verdadera naturaleza del alimento, y normalmente, debe ser específico y no genérico, de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) Cuando se hayan establecido uno o varios nombres para un alimento, se debe utilizar por lo menos uno de estos nombres o el nombre prescrito por la legislación nacional.
- b) Cuando no se disponga de tales nombres, se debe utilizar un nombre común o usual, consagrado por el uso corriente como término descriptivo apropiado, que no induzca a error o a engaño al consumidor.
- c) Se podrá emplear un nombre "acuñado", de "fantasía" o "de fábrica", o una "marca registrada", siempre que vaya acompañado de uno de los nombres indicados en los literales a) y b).

5.1.1.2 En la cara principal de exhibición del rótulo, junto al nombre del alimento, en forma legible, aparecerán las palabras o frases adicionales necesarias para evitar que se induzca a error o engaño al consumidor con respecto a la naturaleza, origen y condición física auténticas del alimento que incluyen pero no se limitan al tipo de medio de cobertura, la forma de presentación o su condición o el tipo de tratamiento al que ha sido sometido, por ejemplo, deshidratación, concentración, reconstitución, ahumado, etc.

5.1.2 Lista de ingredientes

5.1.2.1 Debe declararse la lista de ingredientes, salvo cuando se trate de alimentos de un único ingrediente, de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) La lista de ingredientes debe ir encabezada o precedida por el título: ingredientes.
- b) Deben declararse todos los ingredientes por orden decreciente de proporciones en el momento de la elaboración del alimento; incluidas las bebidas alcohólicas y cocteles
- c) Cuando un ingrediente sea a su vez producto de dos o más ingredientes, dicho ingrediente compuesto puede declararse como tal en la lista de ingredientes, siempre que vaya acompañado inmediatamente de una lista entre paréntesis de sus ingredientes por orden decreciente de proporciones.
- d) Cuando un ingrediente compuesto, para el que se ha establecido un nombre en otra NTE INEN o en la legislación nacional vigente, constituya menos del 5 % del alimento, no será necesario declarar los ingredientes, salvo los aditivos alimentarios que desempeñan una función tecnológica en el producto elaborado.
- e) En la lista de ingredientes debe indicarse el agua añadida, excepto cuando el agua forme parte de ingredientes tales como la salmuera, el jarabe o el caldo empleados en un alimento compuesto y declarados como tales en la lista de ingredientes. No será necesario declarar el agua u otros ingredientes volátiles que se evaporan durante la elaboración.
- f) Como alternativa a estas disposiciones, cuando se trate de alimentos deshidratados o condensados destinados a ser reconstituidos, podrán enumerarse sus ingredientes por orden decreciente de proporciones en el producto reconstituido, siempre que se incluya una indicación como la siguiente: "ingredientes del producto cuando se prepara según las instrucciones del rótulo".

5.1.2.2 En la lista de ingredientes debe emplearse un nombre específico de acuerdo con lo señalado en el numeral 5.1.2.1, con las siguientes excepciones:

- a) Pueden emplearse los siguientes nombres genéricos para los ingredientes que pertenecen a la clase correspondiente, como se indica en la tabla 1: