

“FUNDAMENTOS BÁSICOS DE CÁLCULOS DE INGENIERÍA QUÍMICA CON ENFOQUE EN ALIMENTOS”

LUIS CEDEÑO SARES



 Editorial
UTMACH

REDES 2017
COLECCIÓN EDITORIAL



Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos

Luis Cedeño Sares

Coordinador



Primera edición en español, 2018

Este texto ha sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa editorial de la UTMACH

Ediciones UTMACH

Gestión de proyectos editoriales universitarios

165 pag; 22X19cm - (Colección REDES 2017)

Título: Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos. / Luis Cedeño Sares (Coordinador)

ISBN: 978-9942-24-118-4

Publicación digital

Título del libro: Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos.

ISBN: 978-9942-24-118-4

Comentarios y sugerencias: editorial@utmachala.edu.ec

Diseño de portada: MZ Diseño Editorial

Diagramación: MZ Diseño Editorial

Diseño y comunicación digital: Jorge Maza Córdova, Ms.

© Editorial UTMACH, 2018

© Luis Cedeño, por la coordinación

D.R. © UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, 2018

Km. 5 1/2 Vía Machala Pasaje

www.utmachala.edu.ec

Machala - Ecuador

Advertencia: “Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, existente o por existir, sin el permiso previo por escrito del titular de los derechos correspondientes”.



César Quezada Abad, Ph.D

Rector

Amarilis Borja Herrera, Ph.D

Vicerrectora Académica

Jhonny Pérez Rodríguez, Ph.D

Vicerrector Administrativo

COORDINACIÓN EDITORIAL

Tomás Fontaines-Ruiz, Ph.D

Director de investigación

Karina Lozano Zambrano, Ing.

Jefe Editor

Elida Rivero Rodríguez, Ph.D

Roberto Aguirre Fernández, Ph.D

Eduardo Tusa Jumbo, Msc.

Irán Rodríguez Delgado, Ms.

Sandy Soto Armijos, M.Sc.

Raquel Tinóco Egas, Msc.

Gissela León García, Mgs.

Sixto Chilinguina Villacis, Mgs.

Consejo Editorial

Jorge Maza Córdova, Ms.

Fernanda Tusa Jumbo, Ph.D

Karla Ibañez Bustos, Ing.

Comisión de apoyo editorial

Índice

Capítulo I

Aspectos básicos del Balance de Materia 16

Raúl Díaz Torres

Capítulo II

El balance de materia 44

Raúl Díaz Torres

Capítulo III

Balance de Materia en proceso de secado, deshidratación y
concentración de jugos 66

Luis Cedeño Sares; Carmen Llerena Ramírez

Capítulo IV

Balance de Materia en procesamiento de jaleas y mermeladas 89

Luis Cedeño Sares

Capítulo V

Balance de Materia en procesamiento de embutidos, recirculación, método del triangulo 114

Raúl Díaz Torres; Carmen Llerena Ramírez

Capítulo VI

Balance de Materia y energía en procesos térmicos 134

Luis Cedeño Sares; Carmen Llerena Ramírez; Sócrates Palacios Ponce

Dedicatoria

A mi esposa, Jackie.

A mis amigos y a todos aquellos que fueron mis estudiantes y me animaron a realizar este trabajo

Raúl Díaz Torres

A Dios, mi esposa, familiares y colaboradores que he tenido la agrado de conocer y que ayudaron a desarrollar esta obra.

Luis Cedeño Sares

A mi madrecita que ahora está en el cielo, pero siempre me acompañó en todas las actividades que he realizado en mi vida personal y profesional.

Carmen Llerena Ramirez.

A Dios, mi madre, mi hermana, a mis maestros nacionales y del extranjero que me han formado y a los amigos de mi país y del extranjero que he tenido la dicha de conocer.

Sócrates Palacios Ponce.

Prologo

Uno de los principales objetivos de la industria alimentaria es transformar, mediante una serie de operaciones, diversas materias primas de origen agrícola, pecuario u otro, en alimentos aptos para el consumo con la menor pérdida posible de cantidad y calidad. Para esto, se emplean muchos tipos diferentes de equipos, organizados en varias etapas, para alcanzar las transformaciones deseadas. El cálculo y diseño eficiente de cada una de estas etapas, es uno de los propósitos principales de la industria de alimentos.

Independientemente de la tecnología en específico que sea utilizada en estos procesos de transformación, esta tecnología estará constituida por una serie de operaciones unitarias como el mezclado, la transferencia de calor, el flujo de materiales, etc. Sin embargo, un elemento común en todo el proceso, es la conservación de la materia a lo largo de todas las transformaciones que ocurran. La comprensión y aplicación correcta de este principio, es una premisa para el buen funcionamiento de la industria y también para lograr la eficiencia económica que tanto se persigue.

El presente texto ha sido elaborado con la intención de ayudar a aquellos estudiantes que se enfrentan con estos procesos tanto para la carrera de ingeniería química como inge-

nería en alimentos, cuya intención es detallar de la mejor manera la comprensión de algunos de los aspectos básicos que rigen el procesamiento de los alimentos. Para ello, en cada capítulo se presentan no solo los principios básicos y las ecuaciones que los rigen, sino también ejemplos resueltos relacionados con los principios explicados.

Los dos primeros capítulos están dirigidos a exponer y ejemplificar los fundamentos del empleo correcto de los sistemas de unidades y del balance de masa como expresión de la ley de conservación de la materia, mientras que los restantes capítulos exponen casos particulares de este uso.

Los autores esperamos que este libro sea útil como referencia para los estudiantes de tecnología de alimentos y como un texto para estudiantes que quieran profundizar en este campo.

Introducción

Importancia de la industria alimentaria.

La industria de los alimentos se mueve a gran velocidad para hacer frente al aumento de la población mundial, paralelamente los avances en la agricultura están proporcionando tecnologías agrícolas que dan lugar al rendimiento de la producción de alimentos. La necesidad de alimentos para satisfacer a una población en constante crecimiento no solo está determinada por obtener alimentos seguros, sino también de alta calidad, con el fin de proporcionar salud. Los aspectos más relevantes en la industria de alimentos son: producción y disponibilidad de alimentos, inocuidad de los alimentos, calidad e innovación; esto se origina que en el procesado de alimentos en donde las materias primas son tratadas mediante muchas operaciones de procesos conformados en etapas, que llegan a cambiar la composición química y/o su nivel energético, requieran esfuerzos de ingeniería importante para adecuarse a las demandas de calidad, seguridad, funcionabilidad y durabilidad del producto alimentario obtenido (Singh, 2009), permitiendo una variedad de productos convencionales y funcionales.

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés marcado de los consumidores en seleccionar ciertos alimentos, que aporten valor nutritivo y beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano. Estas variaciones en los patrones de alimentación generaron unas nuevas áreas de desarrollo en las ciencias de los alimentos, permitiendo el adelanto de la industria de esta área. En la actualidad, se observa una clara preocupación en nuestra sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe; incluso se acepta sin protesta que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación, por lo que se detecta en el mercado alimentario una evidente preferencia por aquellos alimentos que se anuncian como benéficos para la salud (Aiello, 2011). Entre estos productos tenemos a los mínimamente procesados, que es una tecnología en la industria alimentaria con la finalidad de obtener productos seguros y frescos, que conserven sus cualidades nutricionales y organolépticas permitiendo alargar la vida útil de los mismos; lo que permite satisfacer los gustos del consumidor, ello está asociada a cambios en los hábitos de consumo. (Herrero, & de Avila, 2006). Otro ejemplo definido de la importancia de la industria alimentaria, es la industria láctea; siendo uno de las secciones más importantes de la economía de países industrializados y en desarrollo. Alrededor del 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es descartada como lactosuero, en cuya composición se encuentra el 55% del total de ingredientes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales. Debido a la gran cantidad de lactosuero que se produce a nivel mundial, se han propuesto numerosas alternativas para la utilización de este residuo ya que alrededor del 30 % del lactosuero producido permanece subutilizado (Alonso, Rendueles & Díaz, 2011) y otra gran cantidad es empleada en la alimentación animal (Ling Jiang, 2015). Estos valores representan anualmente 110-115 millones de toneladas métricas de lactosuero que son producidas a nivel mundial a través de la elaboración de queso (Parra Huertas, 2009).

Debe considerarse que actualmente las industrias alimentarias no solo son valoradas por su desempeño productivo y económico, sino también por su relación con el ambiente, de manera que la protección de este ha pasado de ser una exigencia sujeta a multas o sanciones a una situación donde representa amenazas y oportunidades y hasta condiciona su permanencia o salida del mercado, de manera que la utilización eficaz, de bajo costo y ecológicamente racional de estos subproductos materiales es cada vez más importante, no solo por las restricciones legales que ya empiezan a surtir efecto en muchos países, sino también por un problema de defensa de nuestro amenazado planeta (Cury et al, 2017).

Procesos.

La industria alimentaria requiere hombres y maquinarias para procesar los productos de origen agrícolas, o naturales en general; en un sentido en un sentido amplio, esta industria pertenece a los llamados procesos de manufactura que se define como el proceso de convertir materias primas en productos terminados; también comprende los procesos de obtención de otros productos mediante la transformación de un primer producto terminado; para transformar la materia prima de origen alimentario se ejecutan pasos relacionados entre sí. A esta secuencia se llama proceso; los procesos a los que continuamente ingresa y de los que se obtienen materiales y/o productos elaborados, reciben el nombre de procesos continuos; existe otro tipo de proceso en el cual se adiciona el material alimentario a procesar en un equipo, se desarrolla un tiempo de transformación físico, químico o biológico y luego se evacúa del equipo como producto terminado, el cual es trasladado al almacén de despacho; o es utilizado en otra etapa de procesamiento en caso de ser semielaborado. Estos procesos son intermitentes. En los procesos continuos siempre se fabrica el mismo tipo de productos en las mismas condiciones de temperatura, presión y composición, así como a la misma velocidad o gasto. Los procesos en la industria alimentaria moderna son, por lo general, continuos, pues de esta manera se automatizan garantizándose así una producción con calidad continua y uniforme. (Groover, 1997)

En este libro se presentan las herramientas básicas necesarias para la comprensión de las Operaciones de procesamiento de alimentos, que fundamenta a la Ingeniería de alimentos; ya que esta integra a las disciplinas clásicas de la ingeniería, como es la termodinámica, flujos de fluidos, química física, operaciones industriales, biológicos, etc.; que se integran para el estudio de las tecnologías de transformación de materias primas alimentarias, entender la ingeniería que subyace tras los procesos alimentarios tiene una importancia fundamental en el crecimiento de la industria y paralelamente en la educación en la ciencia de los alimentos.

El libro está dirigido a estudiantes, investigadores, ingenieros en alimentos, ingenieros químicos con especialización en el área del procesamiento de alimentos; y aquellas personas interesadas en el área de procesamiento agroindustrial y alimentario en general. En él se presenta información relevante en aspectos de cálculos aplicados a la ingeniería de alimentos e ingeniería química con énfasis en el procesado de alimentos, esta obra es la base para el fundamento de los balances de materias y energía a desarrollarse en las tecnologías del procesado de alimentos.

Referencia bibliográfica

- Aiello, M. (2011). Functional Foods: Between New Consumption Trends and Renewed Perceptions of Health. *Italian Sociological Review*, 5.
- Alonso, S., Rendueles, M., & Díaz, M. (2011). Efficient lactobionic acid production from whey by *Pseudomonas taetrolens* under pH-shift conditions. *Bioresource technology*, 102(20), 9730-9736.
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R., & Ch, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 9(S), 122-132.
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. Naulcapan de Juárez, Estado de Mexico: PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A.
- Herrero, A. M., & de Avila, M. H. (2016). Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas. *Revista de Medicina de la Universidad de Navarra*, 50(4), 71.
- Ling Jiang, H. C. (2015). Enhanced propionic acid production from whey lactose with immobilized *Propionibacterium acidipropionici* and the role of trehalose synthesis in acid tolerance. *Green Chemistry*, 250-259.
- Parra Huertas, R. A. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 62(1).

01 Capítulo Aspectos básicos del Balance de Materia

Raúl Díaz Torres

Representación esquemática de los procesos.

Los procesos de la industria de alimentos suelen esquematizarse y representarse mediante los denominados diagramas de flujos los cuales consisten en una representación esquemática de las fases del procesado o etapas de fabricación de los alimentos; siendo una herramienta fundamental para la elaboración de un procedimiento, ya que a través de ellos podemos ver gráficamente y en forma consecutiva la ruta de las materias primas a ser transformadas (Ibarez & Barbosa-Cánovas, 2005)

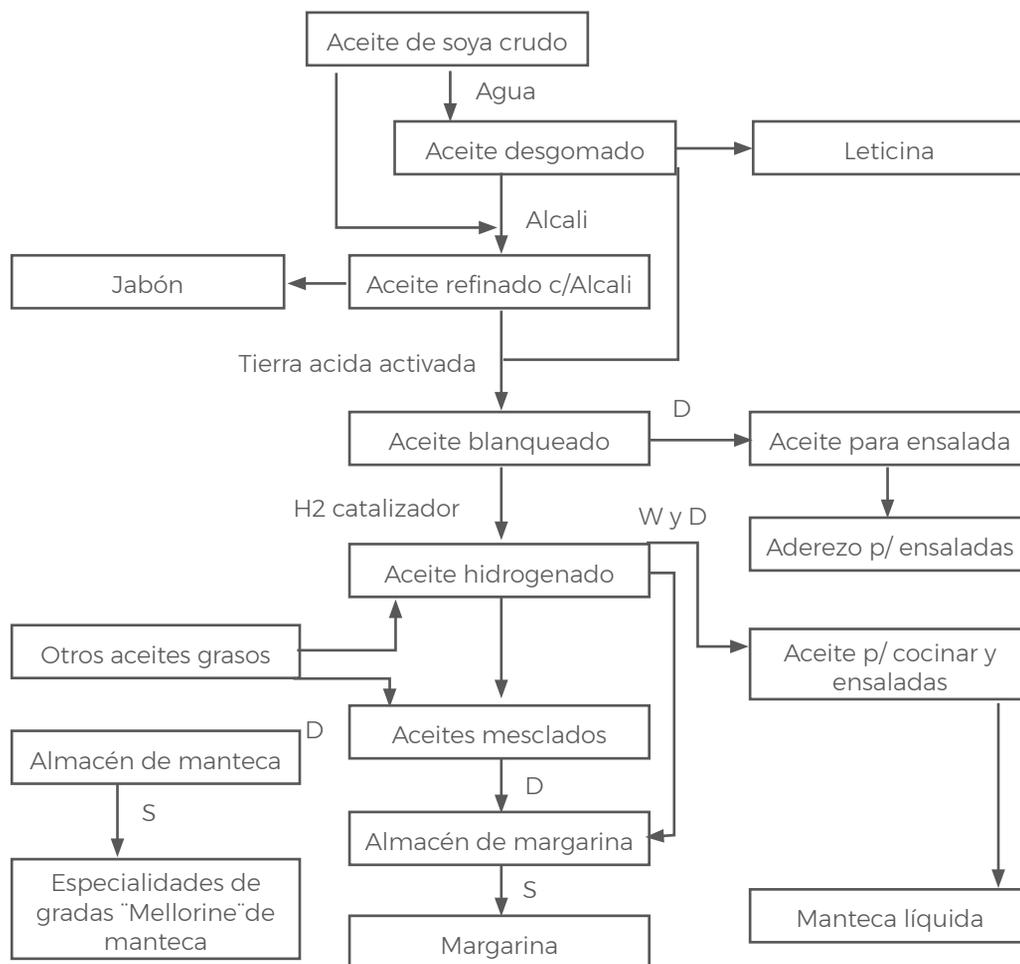
Los diagramas de flujo representan en forma gráfica la secuencia que siguen las operaciones de un determinado procedimiento y/o el recorrido de las formas o los materiales; ha de incluir la secuencia de todas las etapas del proceso, incluido los distintos tipos de almacenamiento, reprocesados, incorporación de materias primas y envases, eliminación de residuos, etc.

Raúl Díaz Torres: Ingeniero Químico (1970) y Ph.D. en Ciencias de los Alimentos (1997). Profesor jubilado de la Universidad de la Habana, Cuba, actualmente es consultor independiente en Ecuador, participando como profesor en diversos programas de maestría. Cuenta con varios libros de texto y numerosos artículos de investigación

Los diagramas de flujo se elaboran a partir de los balances de materia aplicados sobre los procesos completos y sobre cada operación unitaria individual, también se desarrollan balances de energía para determinar los caudales de energía y las necesidades de servicios auxiliares del proceso especificación de equipos. Estos balances sirven además de guía para desarrollar los Diagramas de Tubería e Instrumentación. Se debe elaborar un diagrama de flujo para cada producto, categoría de productos o proceso. En todo tipo de ingeniería se requiere de planos que especifiquen tamaños, formas conexiones y corrientes; ello sirve para calcular, construir o cotizar equipos o procesos (Sinnott & Towler, 2012).

A veces los equipos se representan por rectángulos sobre los que se indica el nombre del equipo que simbolizan. Estos diagramas se conocen como diagramas de bloques. En otros casos se emplea un dibujo que representa la forma del equipo. Los símbolos o representaciones del equipo real no son universales, pero guardan cierta similitud de un libro a otro de una compañía de diseño u otra. En la figura 1 se ejemplifica uno de estos diagramas.

Figura 1. Fabricación de productos de aceite de soya comestible



D= Deodorización, S= Solidificación, W= Winterización, H2= Gas hidrogeno

Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1811_IN.pdf.

La desodorización de los aceites vegetales es una refinación física del aceite para obtener un producto con sabor y olor aceptables. Se considera que es la última etapa del refinado del aceite, mediante la cual se eliminan los compuestos que le confieren olor y se reduce al mínimo el contenido de ácidos grasos libres por medio de un proceso de vapor-desorción

a alta temperatura y alto vacío. La desodorización se realiza generalmente en modo continuo, semicontinuo o discontinuo, dependiendo de varios factores, como son el tamaño de la planta y la variabilidad de los suministros de aceite (Laoretani, & Iribarren, 2017). Existen varias alternativas para el proceso, entre ellas son importantes el agotamiento con vapor en dos configuraciones, flujo cruzado y contracorriente. La primera consiste en una serie de platos donde el aceite es alimentado en el tope y el vapor se suministra en cada plato en forma independiente, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 1. Por su parte, la desodorización en contracorriente es la tradicional torre de agotamiento con vapor directo. Los esquemas de simulación permiten el arrastre por vapor del aceite vegetal con los mezcladores y divisores de corriente (Yerien et al, 2009).

Diagrama de bloque de los procesos.

Los DBP son esquemas más sencillos de representación, cada bloque o rectángulo representa una pieza única del equipo o etapa completa en el proceso, se utiliza para la representación de procesos espontáneos; en procesos complejos se limita a mostrar el proceso global. En la fase de ingeniería conceptual de un proyecto de ingeniería, se elaboran los DBP con el fin de tener una visión general del proceso completo: entradas y salidas y las reacciones químicas, bioquímicas que existen en él proceso.

Básicamente hay dos tipos de Diagramas de Bloques

- 1) DBP: representa un proceso simple
- 2) Diagrama de bloque de la planta: representa un complejo químico que involucra diferentes procesos químicos, bioquímicos.

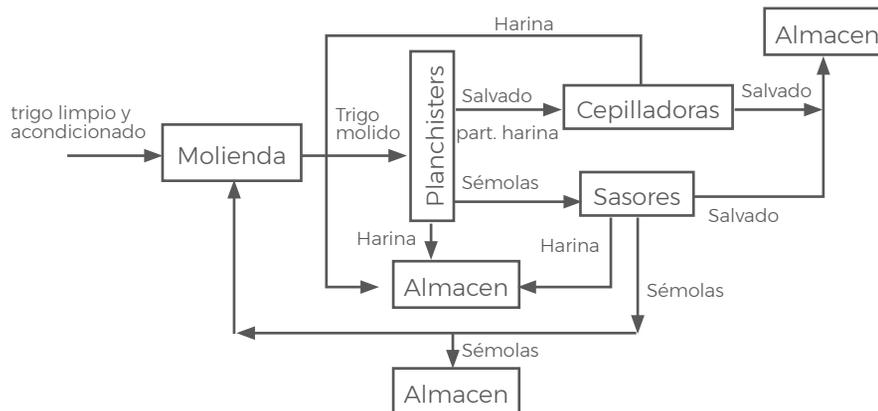
Para la elaboración de DBP se siguen las siguientes convenciones:

- Las operaciones industriales se representan por bloques.
- Los flujos principales se representan con flechas que indiquen la dirección de la corriente.

- El flujo va de izquierda a derecha.
- Las corrientes de gas o los livianos se dibujan por el tope de los bloques.
- Las corrientes de líquidos y sólidos se trazan por el fondo de los bloques.
- Se debe suministrar información mínima del proceso (flujo molar o másico, % de conversión, materias primas, productos, reactantes, reacciones involucradas).
- Si hay cruces de líneas las horizontales son continuas y las verticales se parten.
- Debe contener un balance de masa simplificado (flujo de entrada y de salida).

Este diagrama (DBP) no muestran los detalles en el bloque. Cada bloque en el diagrama representa un proceso o muchos, en realidad cada bloque consiste en varios equipos. En la figura 2 se ilustra uno de estos diagramas.

Figura 2. Diagrama de Bloque para la Operación de Molienda del Trigo.



Fuente: https://www.academia.edu/4539197/molienda_de_cereales.

Diagrama de flujo de los procesos.

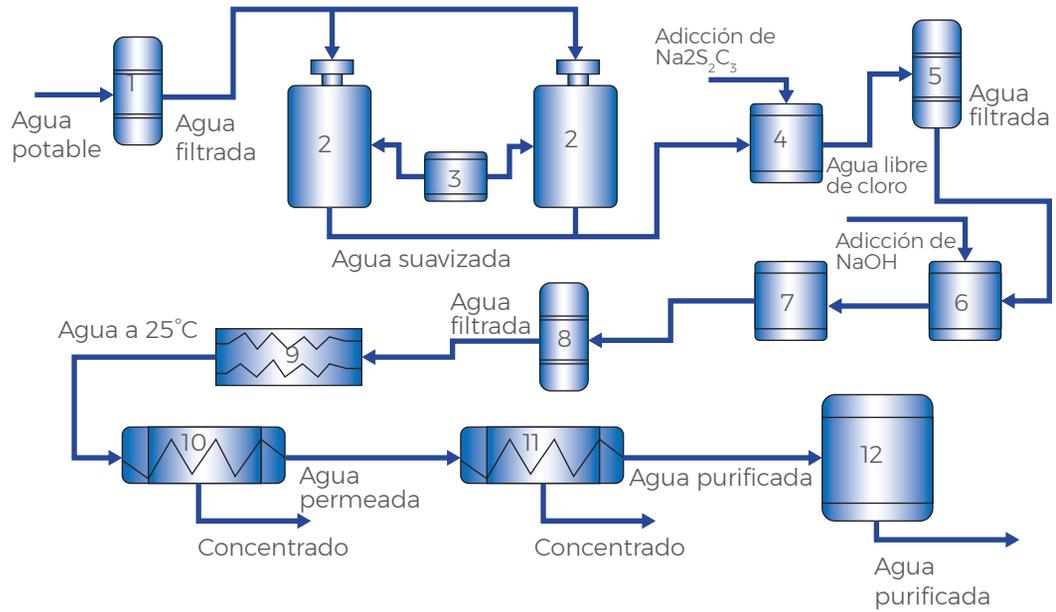
Este diagrama de flujo contiene información mucho más detallada que los DBP, la cual es necesaria para el diseño de un proceso. Estos diagramas pueden variar de acuerdo a la compañía de ingeniería de consulta o proyectista de ingeniería.

Los DFP se elaboran con una serie de símbolos de equipos, tuberías y condiciones de operación aceptados internacionalmente y contienen la siguiente información:

- Balances de masa y energía del proceso (pueden estar en la misma hoja o en anexos si el diagrama es complicado)
- Dimensiones de los equipos mayores de procesos y de instrumentación y control
- Los recipientes como reactores, separadores, tanques y equipos como bombas e intercambiadores de calor.
- Flujos, composiciones, presión y temperatura
- Las corrientes de alimentación se muestran del lado izquierdo y las de producto se muestran del lado derecho

Un ejemplo de este tipo de diagrama puede ser visualizado en la figura 3.

Figura 3. Diagrama de Flujo del Sistema de Tratamiento de Agua.



Leyenda:

1. Filtro de 50 µm
2. Suavizadores
3. Tanque de adición de salmuera
4. Tanque de adición de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{C}_3$
5. Filtro de 10 µm
6. Tanque de 500L

7. Tanque de adición de NaOH
8. Filtro de 5µm
9. Enfriador
10. 1ra etapa de ósmosis inversa
11. 2da etapa de ósmosis inversa
12. Tanque de 3000L

Fuente: Martín-Álvarez & Mayo-Abad, 2013.

La fuente de alimentación al sistema de tratamiento es el agua potable del sistema centralizado de la planta; donde existe un sistema de pretratamiento que consiste en un sistema de suavizado automático con dos columnas de resina de ciclo sodio para la eliminación de los iones calcio y magnesio (ver figura 3), y continúa con un sistema de eliminación de cloro libre y la unidad de doble ósmosis inversa. El sistema se completa con un tanque de almacenamiento de acero inoxidable con una capacidad de 3000 L. En ningún caso esta agua estará en contacto con los productos o con superficies por donde el producto haya pasado.

No obstante, el diseño de los equipos, tanques de almacenamiento y sistema de distribución, tendrán en cuenta los requisitos de las buenas prácticas de diseño y fabricación para sistemas ingenieros de la industria. (Martín-Álvarez & Mayo-Abad, 2013)

Cantidad de materia procesada.

La industria alimentaria actual ha experimentado un intenso proceso de diversificación y comprende desde pequeñas empresas tradicionales de gestión familiar, caracterizadas por una utilización intensiva de mano de obra, a grandes procesos industriales altamente mecanizados basados en el empleo generalizado de capital. Muchas de las materias primas en la industria alimentaria dependen totalmente de la agricultura o la pesca. El término industrias alimentarias abarca un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios. En general, las materias primas utilizadas son de origen vegetal o animal y se producen en explotaciones agrarias, ganaderas y pesqueras (Berkowit, 1998). Una de las variables que se debe controlar con más cuidado es la cantidad de materia procesada y se hace al medir el gasto o masa por unidad de tiempo que entra o sale de un equipo. Existen dos tipos de gastos o caudales:

Caudal Másico. - Que indica la masa que se está procesando por unidad de tiempo y se representa en el SI en kg/s.

Caudal Volumétrico. - Que indica el volumen que se está procesando por unidad de tiempo y se representa en el SI en m³/s.

Composición.

El Codex Alimentarios define “alimento” como toda sustancia, elaborada, semielaborada o bruta, que se destina al consumo humano, incluyendo las bebidas, el chicle y cualesquiera otras sustancias que se utilicen en la fabricación, preparación o tratamiento de los alimentos.

El contenido de nutrientes en los alimentos puede variar considerablemente debido a:

- factores ambientales, genéticos y relativos a la elaboración, como el pienso, el suelo, el clima, los recursos genéticos (variedades, cultivares y razas), las condiciones de almacenamiento, la elaboración, el enriquecimiento y la cuota de mercado;
- los hábitos de consumo de cada país, que implican alimentos, recetas y alimentos de marca específicos (los alimentos comerciales de una marca dada pueden variar en su composición en función del país debido a las preferencias de los consumidores o a las normas relativas al enriquecimiento existentes en él);
- la forma de preparación casera o institucional;
- la biodiversidad de los alimentos, que influye mucho en la composición de los mismos (la concentración de ciertos nutrientes puede llegar a ser mil veces mayor en una variedad de un mismo alimento que en otra). Esto significa que el contenido de nutrientes de los alimentos puede variar tanto entre alimentos como entre variedades del mismo alimento

Las sustancias que se procesan en la industria alimentaria casi nunca son puras y los productos resultantes por lo general son mezclas, de allí que se deba tener un estricto control de la composición para no alterar las propiedades de las sustancias; ya que por ejemplo las condiciones adecuadas para mantener los procesos vitales durante la cadena de producción de frutas y hortalizas; se ve influenciada por la composición química de las mismas; por ende es de máximo interés cuando se pretende conservar el alimento por mucho tiempo; también se estudia para los componentes aislados de los alimentos investigar y desarrollar tecnologías en base a su comportamiento químico ante diferentes condiciones de procesamiento y o almacenamiento, esto es en alimentos como zumos de frutas, alimentos unicelulares como huevos y microorganismos (Damodaran, Paerkin, & Fennema, 2010) Para medir la composición se usan diferentes términos:

Fracción Másica de una mezcla. - Es el cociente resultante de la división de la masa de un componente entre la masa total de la mezcla. Para el Sistema Internacional de Unidades, estas masas se expresan en kg o sus múltiplos o submúltiplos. La fracción Másica, por definición, es adimensional y su valor se encuentra entre cero y uno. La sumatoria de todas las fracciones másicas, será igual a la unidad.

$$\text{fracción másica} = \frac{\text{masa de sustancia}}{\text{masa total}} \quad \text{Ecu. 1}$$

Ejemplo 1.- Si tenemos 500 g de sacarosa disueltos en 500 g de agua, la fracción másica se calcula

$$\text{fracción másica} = \frac{500 \text{ g de sacarosa}}{500 \text{ g de sacarosa} + 500 \text{ g de agua}} = 0.5$$

Fracción Molar de una mezcla. - Es el cociente resultante de la división del número de moles de un componente entre el total de moles presentes en la mezcla. Para el Sistema Internacional de Unidades, estas masas se expresan en kg mol o sus múltiplos o submúltiplos. La fracción Molar, como la fracción Másica, por definición, es adimensional y su valor se encuentra entre cero y uno. La sumatoria de todas las fracciones molares, será igual a la unidad.

$$\text{fracción molar} = \frac{\text{moles de sustancia}}{\text{moles totales}} \quad \text{Ecu. 2}$$

Ejemplo 2.- calcule la fracción molar de la sacarosa del ejemplo 1

Lo primero será calcular cuántos moles de sacarosa y cuántos moles de agua existen en la mezcla. Considerando que una mol de sacarosa pesa 342 g y una mol de agua pesa 18 g, la mezcla estará compuesta de:

$$\text{moles de sacarosa} = \frac{500 \text{ g}}{342 \text{ g}} = 1.46 \text{ moles de sacarosa}$$

$$\text{moles de agua} = \frac{500 \text{ g}}{18 \text{ g}} = 27.78 \text{ moles}$$

Y la fracción molar será:

$$\text{fracción molar de sacarosa} = \frac{1.46 \text{ moles de sacarosa}}{1.46 \text{ moles de sacarosa} + 27.78 \text{ moles de agua}} = 0.0499$$

La Molaridad. - Es el número de gramos mol de una sustancia contenidos en un litro de solución.

$$M = \frac{\text{moles soluto}}{\text{lt de solución}} \quad \text{Ecu. 3}$$

La Molalidad. - Es el número de gramos mol de una sustancia contenidos en un kg de solvente.

$$m = \frac{\text{moles soluto}}{\text{Kg de solvente}} \quad \text{Ecu. 4}$$

La Normalidad. - Es el número de gramos equivalentes de una sustancia contenidos en un litro de solución.

$$M = \frac{\text{Eq. soluto}}{\text{lt de solución}} \quad \text{Ecu. 5}$$

Densidad. - Está relacionada con el concepto de concentración y se define como la cantidad de masa por unidad de volumen.

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \quad \text{Ecu. 6}$$

Para medir la densidad se usan flotadores llamados densímetros o aerómetros que permiten encontrar la densidad rápidamente. Como la densidad varía con la concentración, esta es una forma rápida de determinar concentraciones. Sin embargo, debe considerarse que la densidad varía con la temperatura, por lo cual estos resultados solo son válidos si se considera este baremo.

En el caso de las disoluciones hidroalcohólicas, estos flotadores reciben el nombre de alcoholímetro o alcoholómetro y miden el porcentaje (generalmente v/v o grado Gay - Lussac) de alcohol en una disolución.

Muchos densímetros miden la densidad relativa que es la relación de la densidad de una sustancia a la densidad de otra sustancia de interés.

$$\rho_r = \frac{\rho_{\text{sustancia}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \quad \text{Ecu. 7}$$

La densidad relativa (ρ_r) es adimensional; es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia .

Como el volumen de los cuerpos cambia con la temperatura, la densidad es también función de la temperatura, es decir que a mayor temperatura menor densidad. En el caso de la densidad relativa, ambos valores de densidad deben estar medidos en las mismas condiciones de temperatura y presión.

Sistemas de unidades del proceso.

Unidades de densidad

Algunas de las unidades de densidad más usadas son:

- Kilogramo por metro cúbico (kg/m^3).
- Gramo por centímetro cúbico (g/cm^3).
- Libra por pie cúbico (lb/ft^3).
- Libra por pulgada cúbica (lb/in^3).
- Slug por pie cúbico (slug/ft^3)

Tabla 1. Factores de conversión para las unidades de densidad.

	slug/ft³	kg/m³	g/cm³	lb/ft³	lb/in³
1 slug/ft ³	1	515.4	0.5154	32.17	1.862x10 ⁻²
1 kg/m ³	1.940x10 ⁻³	1	0.001	6.243x10 ⁻²	3.613x10 ⁻⁵
1 g/cm ³	1.940	1000	1	62.43	3.613x10 ⁻²
1 lb/ft ³	3.108x10 ⁻²	16.02	1.602x10 ⁻²	1	5.787x10 ⁻⁴
1 lb/in ³	53.71	2.768x10 ⁴	27.68	1728	1

Fuente: (Monsalvo R., 2014)

Peso específico.

Mientras que la definición de densidad (ρ) de un cuerpo es el cociente de dividir su masa por el volumen que ocupa, el peso específico (PE) de ese mismo cuerpo es el cociente de dividir su peso por el volumen que ocupa, por tanto, ambos conceptos se relacionan, pero son diferentes. La ecuación que los vincula es:

$$PE = \rho \cdot g \quad \text{Ecu.8}$$

Donde g es la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2). Por tanto, si bien la densidad de una sustancia es una propiedad de la misma, el peso específico varía con las condiciones de medición, pues la fuerza de gravedad varía de un punto a otro del planeta. En el Sistema Internacional el peso específico se mide en N/m^3 .

Volumen específico.

El volumen específico de cualquier compuesto es la inversa de la densidad, esto es, el volumen por unidad de masa o cantidad unitaria de materia. Las unidades del volumen específico pueden ser:

- m^3/kg
- cm^3/g
- $\text{ft}^3/\text{lb} \cdot \text{mol}$
- $\text{ft}^3/\text{lb} \cdot \text{m}$.

Fuerza y peso.

Fuerza es aquello capaz de modificar la velocidad de un cuerpo, de acuerdo con la primera ley de Newton.

$$F = m \cdot a \quad \text{Ecu.9}$$

En el sistema SI y MKS absoluto la unidad de fuerza es el Newton, en el sistema MKS gravitacional es el kilogramo fuerza. En el sistema inglés absoluto la unidad de fuerza es el poundal ($1 \text{ libra} \cdot \text{pie} \cdot \text{s}^{-2}$), en el inglés gravitacional la libra fuerza.

El peso es la fuerza con la cual la Tierra atrae a los cuerpos hacia su centro, por ello el peso tiene las mismas unidades que la fuerza.

Unidades de fuerza.

Definir la fuerza a partir de la masa y la aceleración, magnitudes en las que intervienen masa, longitud y tiempo, hace que sea una magnitud derivada. Este hecho atiende a las evidencias que posee la física actual, expresada en el concepto de Fuerzas Fundamentales, y se ve reflejado en el Sistema Internacional de Unidades. Las unidades utilizadas más frecuentemente son:

- Newton (N)
- Kilogramo fuerza (Kgf)
- Gramo fuerza (gf)
- Dina
- Poundal (libra pie.s⁻²)
- Libra fuerza (lbf)

Tabla 2. Factores de conversión para las unidades de fuerza.

	Dina	Newton	lbf	poundal	gf	kgf
1 Dina	1	10^{-5}	2.248×10^{-6}	7.233×10^{-5}	1.020×10^{-3}	1.020×10^{-6}
1 Newton	10^5	1	0.2248	7.233	102.0	0.1020
1 lbf	4.448×10^5	4.448	1	32.17	453.6	0.4536
1 Poundal	1.383×10^4	0.1383	3.108×10^{-2}	1	14.10	1.410×10^{-2}
1 gf	980.7	9.807×10^{-3}	2.205×10^{-3}	7.093×10^{-2}	1	
1 kgf	9.807×10^5	9.807	2.205	70.93	1000	0.001

Fuente: (Monsalvo R., 2014)

Presión.

Es toda fuerza ejercida perpendicularmente sobre un área.

$$p = \frac{F}{A} \quad \text{Ecu.10}$$

Un sólido ejerce una presión sobre la base que lo soporta y ésta es igual al peso del sólido entre el área de la base. Torricelli demostró que la atmósfera produce una presión sobre la superficie de la Tierra y que esta presión es igual a la que ejercería una columna de Hg de 760 mm de altura a 0°C y al nivel del mar.

Esta presión se conoce como atmosférica. En los líquidos; la fuerza que ejerce un fluido en equilibrio sobre un cuerpo sumergido en cualquier punto es perpendicular a la superficie del cuerpo por ende se origina la denominada presión que es una magnitud escalar y es una característica del punto del fluido en equilibrio, que dependerá únicamente de sus coordenadas.

Toricelli efectuó sus experiencias a nivel del mar (si su experimento se efectúa en sitios más elevados se observará que la presión atmosférica disminuye). Los aparatos para medir la presión atmosférica reciben el nombre de barómetros, mientras que aquellos que miden la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local se denominan manómetros. Si un recipiente está a una presión menor que el atmosférico local se dice que trabaja al vacío. Los aparatos que miden la presión de vacío reciben el nombre de vacuómetros.

Estos dan el valor de cero a la presión atmosférica local. Cuando se miden presiones superiores a la atmosférica se utilizan aparatos llamados manómetros. Estos dan el valor de presión cero a la presión atmosférica local. La fuerza total por unidad de área ejercida por un fluido recibe el nombre de presión absoluta. En general, la presión absoluta es igual a:

$$P \text{ absoluta} = P \text{ manométrica} + P \text{ atmosférica.} \quad \text{Ecu.11}$$

$$P \text{ absoluta} = P \text{ atmosférica} - P \text{ vacío.} \quad \text{Ecu.12}$$

Unidades de presión y sus factores de conversión.

En el sistema inglés se utiliza frecuentemente como unidad lb/plg^2 la que se representa como psi (por las siglas en inglés). Como es conveniente diferenciar las presiones absolutas y manométricas, se utilizan como unidades psia (para la Presión Absoluta) y psig (para la Presión Manométrica).

También se emplean como unidades de presión valores relativos a la presión ejercida por una columna de agua pura (con un valor de densidad de 1000 kg/m^3) o una columna de mercurio. El múltiplo más utilizado en el caso de la columna de agua es el metro de columna de agua (mca), que será la presión en el fondo de un recipiente de un metro de profundidad.

Una columna de agua de 10,33 m de altura, ejerce una presión equivalente a 1 atm es decir 14,7 psi. En el caso de la columna de mercurio se pueden emplear mm de Hg o cm de Hg. Una atmosfera es igual a 76 cm de Hg o 760 mm de Hg.

Tabla 3. Factores de conversión para las unidades de presión.

	atm	in H2O	cm Hg	Pa	lb/in ²	lb/ft ²
1 atm	1	406.8	76	1.013×10^5	14.7	2116
1 in H2O	2.458×10^{-3}	1	0.1868	249.1	3.613×10^{-2}	5.202
1 cm Hg	1.316×10^{-2}	5.353	1	13333	0.1934	27.85
1 Pa	9.869×10^{-6}	4.015×10^{-3}	7.501×10^{-4}	1	1.450×10^{-4}	2.089×10^{-2}
1 lb / in ²	6.805×10^{-2}	27.68	5.171	6.985×10^3	1	144
1 lb / ft ²	4.725×10^{-4}	0.1922	3.591×10^{-2}	47.88	6.944×10^{-3}	1

Fuente: (Monsalvo R., 2014)

Temperatura.

La temperatura es una medida del nivel energético de las sustancias. Se trata de una magnitud familiar sin ser muy fácilmente explicable. Todos tenemos una percepción intuitiva de la misma, que generalmente parte de una comparación con nuestra temperatura interna: “¡Está caliente!» uno se exclama tomando una bebida hirviendo... “, Y sabemos desde hace mucho tiempo que muchas propiedades físicas de la materia dependen de la temperatura: como por ejemplo cuando el agua líquida se transforma en hielo (Picquart & Morales, 2017).

Para medir la temperatura se usan termómetros que aprovechan la propiedad del aumento del volumen con la temperatura que sufren todos los cuerpos. Se usan diferentes escalas de temperatura que se clasifican en absolutas o relativas de acuerdo al significado físico del origen (cero) de la escala. En el caso de las escalas relativas, las más comunes son la escala centígrada y la escala Fahrenheit, mientras que en cuanto a escalas absolutas se utilizan las escalas Kelvin (SI) y Rankine (Sistema Inglés).

Las principales características de estas escalas según Díaz, Ramos, & Rodríguez (2005) son:

- En la escala centígrada se toma como cero el punto de congelación del agua y como 100 el punto de ebullición del agua, en ambos casos a presión de 1 atmósfera.
- La “longitud” del grado Celsius es igual a la “longitud” del grado Kelvin.
- La “longitud” del grado Fahrenheit es igual a la “longitud” del grado Rankine.
- Tanto los grados Celsius o centígrados como los grados Fahrenheit, son una medida relativa de temperatura
- Tanto los grados Kelvin como los grados Rankine, son una medida absoluta de temperatura.

La conversión es:

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} (1.8) + 32 \quad ^{\circ}\text{C} = \frac{{}^{\circ}\text{F} - 32}{1.8} \quad \text{Ecu. 13}$$

El cero grado centígrado corresponde a la temperatura de fusión de hielo, los cien grados centígrados a la temperatura de ebullición del agua al nivel del mar. Además de esas escalas, en termodinámica y en química se utilizan las escalas absolutas que parten del cero absoluto. Las escalas más usuales son la Kelvin y Rankine.

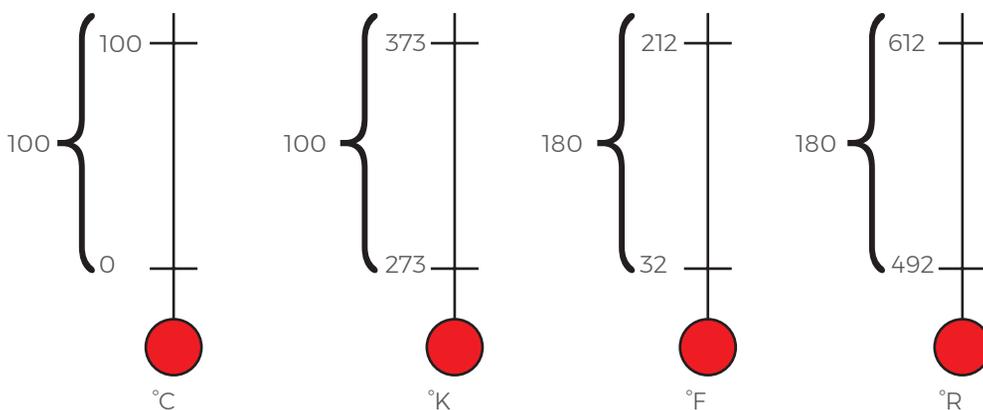
$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273 \quad \text{Ecu. 14}$$

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460 \quad \text{Ecu. 15}$$

Como el “tamaño” de un grado centígrado es igual al de un grado Kelvin se puede demostrar que una variación de temperatura de un grado centígrado es igual a una variación de temperatura de un Kelvin e igual a una variación de temperatura de un 1.8°F y 1.8°R .

En la figura a continuación se muestran escalas termométricas indicando los puntos de congelación y ebullición del agua, en las cuatro escalas más conocidas:

Figura 4. Relación entre Escalas Termométricas



En donde, el punto de ebullición del agua está dado en 100°C , 373K , 212°F y 612°R , y el punto de congelación del agua está dado por 0°C , 273K , 32°F y 492°R .

Grados unitarios

$$1 \Delta^{\circ}\text{C}=1\Delta^{\circ}\text{K}$$

$$1 \Delta^{\circ}\text{F}=1\Delta^{\circ}\text{R}$$

$$1 \Delta^{\circ}\text{C}=1.8\Delta^{\circ}\text{F}$$

$$1 \Delta^{\circ}\text{K}=1.8 \Delta^{\circ}\text{R}$$

Energía, calor y trabajo.

Los procesos productivos, generalmente requieren distintas formas de energía por cuanto en la cadena de valor de un producto, se contempla la transformación mediante distintos procedimientos tales como limpieza, lavado, selección, cocción, molienda entre otros, los cuales requieren de la utilización de maquinaria y equipos que a su vez necesitan de alguna forma de energía para su funcionamiento.

Entre las distintas formas de energía, la electricidad es la más utilizada, tanto para el accionamiento de máquinas, como en equipos que usan otros tipos de energía. La realidad es que la mayoría de la energía se genera de la quema de los combustibles de origen fósil, tales como el carbón, el petróleo o el gas. Actualmente, estos combustibles proveen el 66% de la energía eléctrica a nivel global, y a la vez proveen el 95% de la demanda energética del mundo, incluyendo el calentamiento, el transporte, la generación de la electricidad y otros usos. Debido a la acumulación de dióxido de carbono liberado de la quema de los combustibles de origen fósil el calentamiento global prosigue y se provocan cambios en el medio ambiente y por consecuencia, sobre nuestras realidades sociales e económicas (Badii, Guillen, & Abreu, 2016).

Otras formas de emplear la energía derivada de los combustibles fósiles como el petróleo y el gas, es para generar calor directamente o en equipos de generación de vapor

para cocción, en hornos de secado y deshidratación. Para estos mismos usos también se puede usar la biomasa o etanol como combustibles, o subproductos de la industria de alimentos como por ejemplos la cascarilla de arroz o el bagazo de caña (Martinez & Lora, 2015).

Desde el punto de vista termodinámico, la energía se define como todo aquello capaz de producir un trabajo, mientras que el trabajo puede ser definido como el producto de la fuerza por distancia (Solbes y Tarín, 2008).

$$T=F*d \quad \text{Ecu. 16}$$

La energía se manifiesta de muchas formas y todas ellas se intercambian entre sí. Las formas de energía que más se usan son:

La Energía potencial, debida a la posición que guarda un cuerpo con respecto a otro.

$$E_p=m*g*h \quad \text{Ecu. 17}$$

La Energía cinética, debida a la velocidad que tiene un cuerpo.

$$E_c=\frac{mv^2}{2} \quad \text{Ecu. 18}$$

La Energía interna, que es la suma de todas las energías que contiene un cuerpo y es definida por la primera ley de la termodinámica.

$$\Delta U=Q-T \quad \text{Ecu. 19}$$

La Energía de presión, es aquella que contiene un cuerpo debido a la presión a que está sometido.

$$E_p=P*V \quad \text{Ecu. 20}$$

La Energía química, es la liberada o absorbida durante una reacción química.

Cuando hablamos de Calor, nos referimos a una cantidad de energía que se transfiere de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura entre ambos cuerpos. Por tanto, el calor siempre es una energía en tránsito, es decir, una energía no almacenable que se transfiere de un cuerpo caliente (mayor

temperatura) a un cuerpo frío (menor temperatura). Se debe notar entonces, que los conceptos de caliente y frío, son relativos. Un cuerpo a 70 °C, no está ni caliente ni frío, sino se le compara con otro cuerpo a otra temperatura. Por ejemplo, respecto al cuerpo humano o la nieve, estará caliente, pero respecto al vapor procedente de una caldera, estará frío (Díaz, Ramos & Rodríguez, 2005) El calor se mide en kilocalorías o BTU.

Unidades de energía, calor y trabajo.

Como se aclara, la unidad de energía en el SI es el julio (J), pero son de uso común otras unidades como la kilocaloría y el B.T.U (British Thermal Unit), este último perteneciente al sistema inglés de unidades y de uso extendido en los países anglosajones.

Tabla 4. Factores de conversión para las unidades de energía

	BTU	ft lbf	HP h	Joule	Cal	Kw h
1 BTU	1	777.9	3.929×10^{-4}	1055	252.0	2.93×10^{-4}
1 lbf ft	1.285×10^{-3}	1	5.051×10^{-7}	1.356	0.3238	3.766×10^{-7}
1 HP h	2545	1.980×10^6	1	2.685×10^6	6.413×10^5	0.7457
1 Joule	9.481×10^{-4}	0.7376	3.725×10^{-7}	1	0.2389	2.778×10^{-7}
1 Cal	3.969×10^{-3}	3.088	1.560×10^{-6}	4.186	1	1.163×10^{-6}
1 Kw h	3413	2.655×10^6	1.341	3.6×10^6	8.6×10^5	1

Fuente: (Monsalvo R., 2014)

Problemas resueltos:

1. Determinar la temperatura que observa en un termómetro de escala L; ¿si la temperatura es 27°C? Punto de Ebullición del H₂O = 12°L y Punto de Congelación del H₂O = 300°L.

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{L}-12} = \frac{100}{280}$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{100}{280} (^{\circ}\text{L}-12)$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{25}{75} (^{\circ}\text{L}-12)$$

$$^{\circ}\text{L} = \frac{72}{25} ^{\circ}\text{C} + 12$$

$$^{\circ}\text{L} = 89,76$$

2. En un laboratorio de análisis físico químico se estudia una barra metálica, cuya propiedad determinada es la conductividad térmica a 32°F; el valor resultante en la determinación es $120 \frac{\text{Btu}}{\text{h.ft}^2 \cdot \frac{^{\circ}\text{F}}{\text{ft}}}$. Determine el valor equivalente a 0°C en tér-

minos de $\frac{\text{Btu}}{\text{h.ft}^2 \cdot \frac{^{\circ}\text{F}}{\text{ft}}}$

Solución:

$$120 \frac{\text{Btu}}{\text{h.ft}^2 \cdot \frac{^{\circ}\text{F}}{\text{ft}}} * \frac{1.8 \Delta^{\circ}\text{f}}{1\Delta^{\circ}\text{C}} * \frac{1\Delta^{\circ}\text{C}}{1\Delta^{\circ}\text{K}} = 216 \frac{\text{Btu}}{\text{h.ft}^2 \cdot \frac{^{\circ}\text{K}}{\text{ft}}}$$

3. En un proceso industrial de Liofilización se establece una presión absoluta de 2.4 mm Hg en la cámara de secado del equipo. Enunciar esta medida de operación en atm y en kg/cm². ¿Cuál será la presión del vacío empleado si la presión barométrica es 586 mm Hg?

$$2.4 \text{mmHg} * \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 3.14 * 10^{-3} \text{atm} * \frac{1.033 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{1 \text{ atm}} = 3.26 * 10^{-3} \text{kg/cm}^2$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{g}} + P_{\text{b}}$$

$$2.4 \text{ mm Hg} = P_{\text{g}} + 586 \text{ mm Hg}$$

$$P_{\text{g}} = - 583.6 \text{ mmHg}$$

4. En condiciones atmosféricas y a una temperatura de 25°C, 10 m³ de agua tienen un peso 10 toneladas. Determine, en kg, el peso de 10 m³ de aire y 10 m³ de Hg, conociendo sus densidades.

Datos:

$$\rho_{\text{aire}} = 1.06 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{Hg}} = 13.6 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 10 \text{ m}^3$$

Solución.

Como la densidad es el resultado de dividir la masa entre el volumen, si se quiere conocer la masa que corresponde a un volumen determinado, basta con multiplicar la densidad por el volumen en cuestión.

- Para el aire

$$M = \rho \times V = 1.06 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3 = 1,60 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$$

- Para el mercurio

$$M = \rho \times V = 13.6 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3 = 136 \text{ kg.}$$

5. En la formulación de un alimento líquido se determina que posee una masa de 10 kg; el mismo se encuentra contenido en un recipiente de 30 m³. Determine la densidad de la solución y el volumen específico.

Datos:

$$m = 10 \text{ Kg.}$$

$$V = 30 \text{ m}^3$$

Solución

$$\rho = m/V = 10 \text{ kg}/30 \text{ m}^3 = 0,333 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{esp}} = 30 \text{ m}^3/10 \text{ kg} = 3 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

6. Se dispone de un recipiente cuyo peso es medio kg; en el interior del mismo se encuentran mandarinas que seguidamente se trasladan a una balanza observándose que el indicador marca 50 kg. Establecer la masa de las naranjas, y la presión en el fondo del recipiente si su área es 0.2 m^2

Datos:

m_1 : 0.5 kg (Recipiente vacío)

m_2 : 50kg (Recipiente con mandarinas)

$$A = 0.2 \text{ m}^2$$

Masa de mandarinas: $50 \text{ kg} - 0.5\text{kg} = 49,5 \text{ kg}$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{(49.5\text{kg})(9.8 \text{ m/s}^2)}{0.2\text{m}^2}$$

$$P = \boxed{2425.5 \text{ Pa.}}$$

7. Indicar cuál es la unidad de fuerza en el S.I., en el CGS y en el MKS.

	SI	CGS	MKS
Unidad de Fuerza	Newton	Dina	Kgf

8. Demostrar cuál es el valor del factor de conversión gc en el sistema americano de ingeniería y en el CGS.

	Americano	CGS
Factor gc	32.2 lbf.ft lbf.S ²	9.8 Kgm.m Kgf.S ²

9. Se dispone de 4 lb de NaOH. Determinar: lb-mol; g-mol y kg-mol de NaOH.

Peso molecular del NaOH= 40 lb/lb-mol.

$$4 \text{ lb NaOH} * \frac{1 \text{ lb-mol NaOH}}{40 \text{ lb NaOH}} = 0.1 \text{ lb-mol NaOH}$$

$$0.1 \text{ lb-mol NaOH} * \frac{454.5 \text{ g-mol NaOH}}{1 \text{ lb-mol NaOH}} = 45.45 \text{ g-mol NaOH}$$

$$45.45 \text{ g-mol} * \frac{1 \text{ Kg-mol NaOH}}{1000 \text{ g-mol NaOH}} = 0.045 \text{ kg-mol NaOH}$$

10. La densidad de una solución de albúmina al 2% en peso en agua es de 1.028 g/cc a 25°C. El peso molecular de la albúmina es de 67,000 g/g-mol. Calcule la densidad relativa de la disolución con respecto al agua a 4°C.

Datos:

$$\rho = 1.028 \text{ g/cc (disolución)}$$

$$\rho = 1 \text{ g/cc (H}_2\text{O)}$$

$$\rho_r = \frac{\rho \text{ disolución}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1.028 \text{ g/cc}}{1 \text{ g/cc}} = 1.028$$

La fracción mol de la albúmina en esta disolución.

Datos:

2% Albúmina.

P. Molecular: 67000 g/g-mol (Albúmina)

$$X = \frac{\text{mol Albúmina}}{\text{mol H}_2\text{O}}$$

2% Albúmina hay 98% Agua, y por medio de la fórmula de concentración determinamos:

$$2\% = \frac{2 \text{ g Albúmina}}{100 \text{ g disolución}} = \text{Hay } 2 \text{ g de Albúmina y } 98 \text{ g de H}_2\text{O en}$$

100 g de solución

Convertimos de g. a moles para determinar las moles de la albúmina y disolución.

$$2\text{g Albúmina} * \frac{1 \text{ g-mol Albúmina}}{67000 \text{ g Albúmina}} = 0.00002985 \text{ mol Albúmina}$$

$$98 \text{ g Agua} * \frac{1 \text{ g-mol Agua}}{18 \text{ g Agua}} = 5.44 \text{ mol Agua}$$

$$x = \frac{0.00002985 \text{ mol Albúmina}}{(0.00002985 + 5.44) \text{ mol disolución}} = 0.00000549$$

La densidad en kg/m³ y lb/gal.

$$1.028 \frac{\text{g}}{\text{cc}} * 1000 = 1028 \text{ Kg/m}^3$$

$$1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} * \frac{3.758 \text{ l}}{1 \text{ gal}} = 8.560 \text{ lb/gal}$$

Obtención de la molaridad (M)

Datos:

mol Albúmina: 0.00002985 moles

masa Disolución: 100 g

ρ de disolución: 1.028 g/cc x 1000 = 1028 g/l.

$$M = \frac{\text{mol soluto}}{\text{l solución}}$$

Despejando de la fórmula de densidad el volumen tenemos:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100 \text{ g}}{1028 \text{ g/l}} = 0.097 \text{ l solución}$$

$$M = \frac{0.00002985 \text{ mol}}{0.097 \text{ l solución}} = 0.0003 \text{ M}$$

Referencia bibliográfica

- Badii, M. H., Guillen, A. & Abreu, J. L., (2016). Energías Renovables y Conservación de Energía Daena: International Journal of Good Conscience, 11(1), 141-155.
- Berkowit, M. M. (1998). PROCESOS DE LA INDUSTRIA. EN ENCICLOPEDIA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO *INSTH* (3 ed.). Madrid España, España: Chantal Dufresne, BA. Recuperado el Miercoles de Septiembre de 2017
- Damodaran, S., Paerkin, K. L., & Fennema, O. R. (2010). QUIMICA DE LOS ALIMENTOS. Zaragoza: ACRIBIA S.A.
- Díaz, R., RAMOS, A., & RODRÍGUEZ, C. (2005). *Principios de Ingeniería de los Alimentos*. ISBN 959-16-0400-1. Cuba.
- Ibarez, A., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos*. Madrid,Barcelona: Ediciones Mundi Prensa.
- Laoretani, D. S., & Iribarren, O. A. (2017). Enhancing the productivity of batch deodorizers for edible oils. *Journal of Food Engineering*, 192, 72-78.
- Martín-Álvarez, & Mayo-Abad. (2013). Calificación del desempeño de un sistema para la producción de agua purificada de la planta de producción de parenterales 3. *Tecnología Química*, 207-220.
- Martínez, J. M., & Lora, E. E. (2015). *Bioenergía:Fuentes, conversión y sustentabilidad*. Bogotá-Colombia: Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Organicos en Producción de Energía.
- Monsalvo R., M. M. (2014). *Balance de Materia y Energía: Procesos Industriales*. México: Grupo Editorial Patria S.A.
- Picquart, M., & Morales, I. C. (2017). De la temperatura y su medición. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(1), 10.
- Singh, P. R. (2009). *Introducción a la Ingeniería de los Alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., España
- Sinnott, R., & Towler, G. (2012). *Diseño en ingeniería química: Traducción de la quinta edición original*. Barcelona: Reverté.

- Solbes, J., & Tarín, F. (2008). Generalizando el concepto de energía y su conservación. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 22:155-180.
- Yerien, M. N., Parodi, C. A., & Campanella, E. A. (2010). Estudio de la Desodorización de Aceite de Soja por Simulación. *Información tecnológica*, 21(4), 17-24.

*Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería
química con enfoque en alimentos.*
Edición digital 2017 - 2018.
www.utmachala.edu.ec

Redes

Redes es la materialización del diálogo académico y propositivo entre investigadores de la UTMACH y de otras universidades iberoamericanas, que busca ofrecer respuestas glocalizadas a los requerimientos sociales y científicos. Los diversos textos de esta colección, tienen un espíritu crítico, constructivo y colaborativo. Ellos plasman alternativas novedosas para resignificar la pertinencia de nuestra investigación. Desde las ciencias experimentales hasta las artes y humanidades, Redes sintetiza policromías conceptuales que nos recuerdan, de forma empeñosa, la complejidad de los objetos construidos y la creatividad de sus autores para tratar temas de acalorada actualidad y de demanda creciente; por ello, cada interrogante y respuesta que se encierra en estas líneas, forman una trama que, sin lugar a dudas, inervará su sistema cognitivo, convirtiéndolo en un nodo de esta urdimbre de saberes.



Universidad de Guayaquil

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
Editorial UTMACH
Km. 5 1/2 Vía Machala Pasaje
www.investigacion.utmachala.edu.ec / www.utmachala.edu.ec

ISBN: 978-9942-24-118-4

