

NUEVA PERSPECTIVA PARA LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO DE PLANTAS DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

NEW PERSPECTIVE FOR TEACHING PLANTS DESIGN IN THE FOOD INDUSTRY

Erika Ramos Ojeda

Tecnológico Nacional de México / IT de Roque, México
erika.ro@roque.tecnm.mx

Fabiola Herrera Enciso

Tecnológico Nacional de México / IT de Roque, México
fabiola.he@roque.tecnm.mx

Violeta Herrera Enciso

Tecnológico Nacional de México / IT de Roque, México
violeta.he@roque.tecnm.mx

Christian Oliver Díaz Ovalle

Tecnológico Nacional de México / IT de Roque, México
christian.do@roque.tecnm.mx

Recepción: 2/octubre/2023

Aceptación: 28/noviembre/2023

Resumen

Los egresados de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Tecnológico Nacional de México en Roque han manifestado, durante su vida profesional, el impacto que logra el desconocimiento de conceptos elementales del diseño de plantas. Esto es un tema muy extenso por la diversidad de plantas procesadoras de alimentos. La enseñanza en este tópico es muy breve y no ha definido un procedimiento propio para estas industrias, a pesar de la vasta información en la literatura. Este trabajo presenta una estrategia para lograr el conocimiento en el aula sobre el diseño de plantas alimentarias. En donde la estrategia está basada en la literatura actual sobre el tema a nivel mundial y resume una nueva perspectiva en su enseñanza. Esto ha sido aplicado a dos casos de estudio recurrentes en los proyectos de innovación y desarrollo de los estudiantes de esta carrera respecto a los temas de: sustentabilidad y valor nutrimental de los alimentos. La estrategia fue aplicada a un grupo de estudiante en donde se seleccionaron dos de los temas propuestos por su innovación y desarrollo que fue

la elaboración de queso petit suisse a base de lactosuero, así como la elaboración de cereal de amaranto y avena endulzado con arándano y moringa, demostrando un conocimiento elemental basado en la realidad industrial. Esto demuestra que la estrategia que se obtuvo contribuye al crecimiento tecnológico e innovador de nuevos productos generando fuentes de empleos y oportunidades en México.

Palabras Clave: alimentos, costos, diseño de plantas, distribución, producción.

Abstract

The graduates of the Food Industries Engineering career of the Tecnológico Nacional de México in Roque have expressed, during their professional life, the impact that ignorance of elementary concepts of plant design achieves. This is a very extensive topic due to the diversity of food processing plants. The teaching on this subject is very brief and has not defined its own procedure for these industries, despite the vast information in the literature. This work presents a strategy to achieve knowledge in the classroom about the design of food plants. Where the strategy is based on the current literature on the subject worldwide and summarizes a new perspective in its teaching. This has been applied to two recurring case studies in the innovation and development projects of the students of this degree regarding the themes of: sustainability and innovative foods with high nutritional value. The strategy was applied to a group of students where two of the topics proposed for their innovation and development were selected, which was the elaboration of whey-based Pettit Suisse cheese, as well as the elaboration of amaranth and oat cereal sweetened with blueberries and moringa, which demonstrates elementary knowledge based on industrial reality. This shows that the strategy that was obtained contributed to the technological and innovative growth of new products, generating sources of employment and new opportunities in Mexico.

Keywords: Food, costs, plant design, distribution, production.

1. Introducción

Trascender en la enseñanza- aprendizaje se ha convertido en una parte prioritaria en las instituciones de nivel superior, el uso de herramientas digitales para el diseño

de plantas y la estructura que se le dé a esta puede causar un impacto en la innovación de nuevos productos, con los procedimientos adecuados realizados en el aula de clases que más tarde se podrán ver como una realidad industrial.

La inseguridad con la que los estudiantes adquieren el conocimiento como fuente de debilidad hacia nuevas perspectivas entra dentro de sus limitaciones en el aprendizaje. En la actualidad los estudiantes carecen de conocimiento para el diseño de plantas, sin embargo, tienen ideas innovadoras sobre elaboración de productos, pero la falta de elementos fundamentales para lograr un planteamiento estructurado por lo que es indispensable crear una estrategia que te lleve a otra perspectiva del conocimiento.

De esta manera la tecnología, la innovación y el desarrollo de nuevos procesos se conjuntan para lograr una estrategia que dentro del aula pueda ser desarrollada de una manera académica logrando una propuesta de manera profesional.

Casp [2012] indica que para lograr el diseño de una planta es indispensable la combinación de varios factores como lo son máquina, hombre y materiales, de esta manera se pretende conseguir la máxima ganancia, seguridad y satisfacción.

Cárcel et al. [2012] mencionan que para la obtención de un buen proceso productivo se deben aplicar métodos de ingeniería, con una evaluación constante para ver la reacción del personal con respecto a la aplicación de este.

Díaz-Ovalle et al. [2022] describieron una estrategia de enseñanza para ubicar plantas de alimentos basados en la cadena de suministro. Esta estrategia incluyó factores de enseñanza como: necesidad de la solución del problema, trascendencia en el diseño y extensión de la factibilidad de producción.

Osorio Trujillo [2017] menciona que la finalidad primordial del diseño de plantas es fomentar en los estudiantes, propuestas de diseño a partir de la identificación elementos y relaciones presentes en un sistema y la descripción de las restricciones que puedan involucrarse. Sin embargo para el diseño de plantas en la industria de alimentos es fundamental tomar para el planteamiento varios factores primordiales en la industria alimentaria como lo es la materia prima, la cual puede estar en constantes cambios o bien basarse la producción en la demanda del consumidor en donde se tendrá que dar un giro inesperado del producto pero el conocimiento debe

llevar al estudiante utilizar los mismos recursos bajo un diferente parámetro logrando las ganancias esperadas por parte de la industria.

De esta manera los estudiantes deben partir de una idea ingeniosa en donde exploten al máximo su creatividad y potencial para crear todo un procedimiento que te lleve a obtener un producto final a través del diseño de plantas la cual deberá tener varias vertientes y perspectivas las cuales dependerán del enfoque productivo del diseñador. Por lo que uno de los principales desafíos del diseño de plantas es crear un ambiente real que lleve al cocimiento del aula a una realidad bajo un contexto idealizado por lo que el diseño de plantas como una estrategia pedagógica en donde la simulación de esta lleve a una realidad tecnología para el beneficio del país y de los mexicanos, logrando el aprendizaje y motivación de los estudiantes en el aula.

2. Métodos

Esta investigación es realizada desde un enfoque cualitativo en donde la primera etapa fue la determinación de los fundamentos de estudio y selección de los grupos como caso de estudio.

La categorización base fue: estudiantes del Tecnológico Nacional de México campus Roque, de la carrera de Industrias Alimentarias y estar cursando la materia de Diseño de Plantas impartida en el séptimo semestre.

La segunda etapa consistió en la formación de 5 equipos con cuatro estudiantes cada uno, con ideas innovadoras y creativas.

Posteriormente se llevó a cabo una estrategia estructurada para el diseño de plantas, la cual tiene cuantiosos beneficios como lo son el aprovechamiento máximo de los recursos, disminución en los tiempos muertos, viabilidad del producto en el mercado, localización adecuada entre proveedores, distribuidores y consumidores, eliminación del mayor riesgo posible en la planta, obtención de la mayor ganancia posible, pero sobre todo el beneficio incalculable que se le da la sociedad y al país. Con un producto realizado con la calidad e inocuidad que demanda las normas, la generación de empleos, y el crecimiento tecnológico que puede llegar a generar.

Para el diseño de plantas se comienza con la siguiente serie de pasos:

- **Identificar la necesidad:** A partir de varias ideas que se tengan se debe partir de las necesidades que demanda el consumidor, sin embargo, en la actualidad se debe pensar en ofrecer productos con alto nivel nutrimental para el cuidado de la salud y disminución de la obesidad o bien reutilizar desechos de la industria para generar nuevos productos y cuidar el medio ambiente. Una vez considerada la necesidad y habiendo obtenido las ideas principales de un diseño se debe considerar la generación de soluciones alternativas las cuales definen la realidad del medio a transformar, la tecnología y los recursos existentes [Casp, 2012].
- **Elaboración del diagrama conceptual:** El diagrama conceptual parte de la síntesis de un proceso, permitiendo que el proceso sea claro y específico [Díaz, 2019]. Se realiza una investigación bibliográfica para conocer el proceso de la elaboración de los productos alimenticios y se realiza el procedimiento de una manera detallada. Es importante hacer revisión de los equipos y sus características para considerar los que sean más viables para el diseño de la planta.
- **Cálculos rápidos:** En la actualidad se utilizan herramientas que evitan realizar cálculos rigurosos en consumos de servicios, materia prima y material empacado [Díaz, 2019]. En esta parte se puede conocer un aproximado de la cantidad de producción que se tendrá por día, así como la cantidad de materia prima que se requiere para lograr la producción deseada. Costos de agua, combustible, luz, etc. Estos cálculos realizados con reglas de tres permiten la toma de decisiones rápidas y dando un resultado aproximado de cómo va la producción en un tiempo determinado, por lo que el resultado no es calculado con exactitud, pero permite acercarse al proceso y lo que será los costos de producción como primer plano.
- **Balances de materia y energía:** Esta herramienta es utilizada para contabilizar los flujos de materia y energía entre un determinado proceso industrial y los alrededores o entre las distintas operaciones que lo integran, los cuales nos permiten obtener las cantidades de masa para cada corriente. Es indispensable conocer la cantidad de energía para poder obtener un ahorro

de esta o bien si se requiere eficiencias y obtención de los flujos que salen de cada equipo y entran a otro.

Díaz, [2019] describe los balances de materia y energía como dos vertientes a considerar la primera determinación en línea de proceso, composición, temperatura y presión, mientras que las condiciones en la unidad de proceso caracterizan las líneas de salida de cada unidad.

- **Servicio:** Dentro de los procesos de alimentos el agua es fundamental para lograr la inocuidad de los procesos, así mismo se requiere vapor, combustible, electricidad, etc.
- **Costos del equipo:** Ya conocido el proceso y los equipos a utilizar se debe realizar una revisión de los costos de los equipos, capacidades, cantidad de energía a considerar, esto ayudara a seleccionar equipos que sean proporcionales al tamaño de la planta y a la cantidad de producción de esta. El monitoreo basado en los costos de producción, de los cuales los gastos directos competen a la producción. No obstante, los costos fijos de producción (mantenimiento, depreciación, impuestos y aseguradoras) tiene una connotación administrativa y no de la dinámica del proceso, por lo cual los costos variables de producción provienen del consumo y suministro del procesamiento [Díaz, 2019]. Los cuales estan relacionados con: mano de obra, insumos y servicios [Maroulis y col., 2008].
- **Costos de insumos, mano de obra y empaçado:** Se debe realizar un mapeo de los mejores proveedores considerando él envió y calidad en la materia prima. En el costo de empaçado la materia con la que está hecho plástico, cartón y el etiquetado de este.
- **Distribución de los equipos:** [Casp, 2012] menciona que una manera apropiada de los equipos reducirá automáticamente la cantidad de manejo innecesario para el personal y la transformación de la materia prima de una manera más rápida, por lo que la reducción de movimientos aumenta la productividad en el menor tiempo posible hacia la terminación del producto. Se utiliza el método de la huella circular o huella rectangular para realizar el layout; el hacer una distribución óptima del proceso evita riesgos para los trabajadores

y en caso de siniestro causar el menor daño posible. La distribución es el área de alimentos se vuelve más compleja ya que debe mantenerse la inocuidad estos. La distribución de instalaciones y equipos de procesos parte de los métodos sistematizados cuya solución ha sido posible con estrategias exactas y con la correcta aplicación del Métodos de Brown-Gibson [Brown,1972], Método de Centroides [Francis, 1974], Método de Transporte [Mula y col., 2010] y Método de la Huella Circular [Díaz y col., 2019].

- **Ubicación de la planta:** Al inicio se sugieren tres posibilidades de ubicación basadas en varios factores a considerar como: cercanía de los proveedores, facilidad de ingreso a la zona, mano de obra, clima, costo del terreno, etc. Erazo, [2001] considera el transporte, mercados, equipamiento urbano y facilidades de construcción. La industria busca ganar siempre al menor costo así que esta parte será fundamental para acrecentar sus ganancias.

Actualmente el diseño de la planta debe mantener las condiciones de operación en rangos que garanticen: seguridad del proceso, calidad del producto, reproducibilidad de las características del producto, optimización de servicios y bajos tiempos muertos en la producción [Díaz y col., 2013].

Finalmente se selecciono dos proyectos que contarán con toda la estructura que demanda el diseño de plantas, así como su innovación siguiendo cada uno de los pasos para su diseño.

3. Resultados

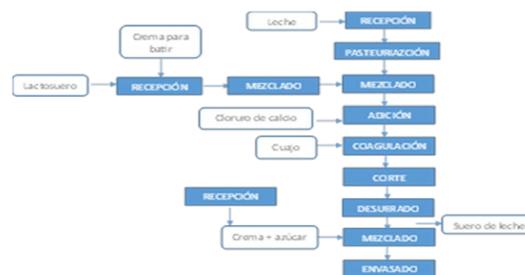
Actualmente la demanda de nuevos productos con alto nivel nutrimental ha ido incrementando en los últimos años por el alza de obesidad en niños y adultos al igual que las enfermedades crónicas degenerativas, por lo que la importancia de consumir tales productos ha generado la necesidad del diseño de nuevas plantas o remodelación de estas, implementando o aprovechando los residuos para la innovación de nuevos productos y cuidando la sustentabilidad del ambiente. Para el diseño de nuevas plantas de alimentos se requiere conocimientos básicos de ingeniería, bioquímica de los alimentos, mercadotecnia, tecnología entre otras áreas

que favorecen y contribuyen al desarrollo de una planta alimentaria, logrando ser un proyecto con beneficios múltiples, colaborativos e innovadores.

Como estrategia de enseñanza en el aula de clases se procedió a realizar un diseño de plantas con características particulares obtenidas de la generación de una idea y análisis de las necesidades actuales. Se logra generar en el estudiante un nivel de confianza en sí mismo y en los conocimientos recibidos, en donde se demuestre así mismo lo que puede desarrollar en un aula de clases y convertirlo en una realidad industrial.

CASO 1: Elaboración de un queso petit suisse a base de lactosuero

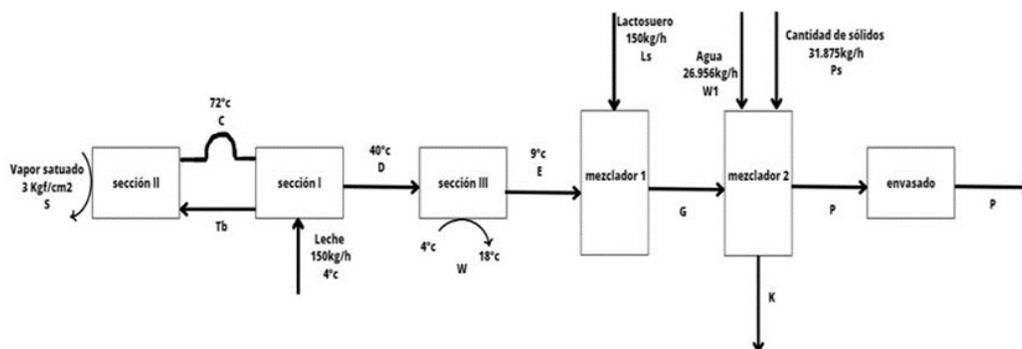
En la actualidad el aprovechamiento de los residuos de la industria en alimentos ha sido fundamental para el cuidado del medio ambiente por lo que aprovechar el lactosuero como desecho de la industria quesera es de gran importancia debido al nivel proteico que este tiene, el cual causa en el medio ambiente afectaciones física y químicas a la estructura del suelo, lo que genera una disminución en el rendimiento de cultivos agrícolas así mismo cuando es desechado a ríos y lagos reduce la vida acuática agotando el oxígeno disuelto [Aider *et al.*, 2009]. No usar el lactosuero como alimento es un gran desperdicio de nutrimentos ya que este contiene cerca del 55% del total lactosa, proteínas, materia grasa y sales minerales [Parra, 2009]. En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo en donde se consideró mejorar el proceso a un menor costo.



Fuente: Modificado de Pérez, 2013.

Figura 1 Diagrama de flujo para elaboración de queso petit suisse.

Dentro del proceso los equipos que se utilizaron fueron el pasteurizador, mezclador y envasado mostrando el diagrama conceptual, figura 2.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2 Diagrama conceptual.

Las condiciones obtenidas a partir de los balances de materia y energía se muestran en la tabla 1. Se determinó los costos fijos de los equipos y los costos variables de los servicios utilizados para producir el queso como se muestran en la tabla 2, en donde el costo total es \$944981.39.

Tabla 1 Flujos y temperaturas.

Temperatura (°C)	Flujos (kg/h)
Ta = 4	F = 152.55
Tb = 36	S = 11.5
Ts = 142.50	Ls = 15
Tc = 72	G = 302.55
Td = 4	Ps = 31.87
Te = 9	P = 148.1
Tw1 = 4	K = 213.21
Tw2 = 18	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2 Costos fijos y variables.

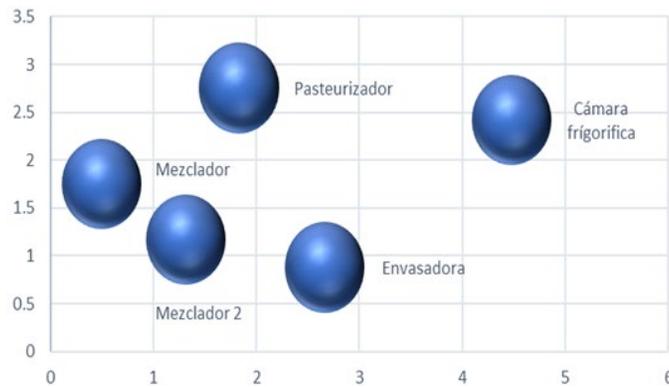
Costos Fijos		Costos variables	
Equipo	Costo	Servicio	Costo
Pasteurizador	\$182161.79	Agua	\$6057.24
Mezclador 1	\$120763.16	Combustible	\$3876.87
Mezclador 2	\$150424	Material de empaçado	\$6552
Envasadora	\$11903.39	Energía eléctrica	\$265279.24
Cámara frigorífica	\$195863.7	Materia prima	\$2100
Total	\$661116.04	Total	\$283865.35

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la ubicación de la planta se realizó con el método de Brow Gibson en donde se postularon los estados con mayor producción de leche para garantizar

al proveedor y la materia prima para la producción en donde se obtuvo que la planta debe estar ubicada en el estado de Jalisco. Finalmente, por el método de la huella circular se obtuvo el layout de la planta obteniendo una propuesta de la mejor distribución como se muestra en la figura 3.

El área del proceso mide 6 x 3.5 m, por lo que es considerada una pequeña planta productora la cuál estará produciendo 150 kg y se estarán envasando en presentaciones de 30 g, produciendo 5000 envases por día.



Fuente: elaboración propia.

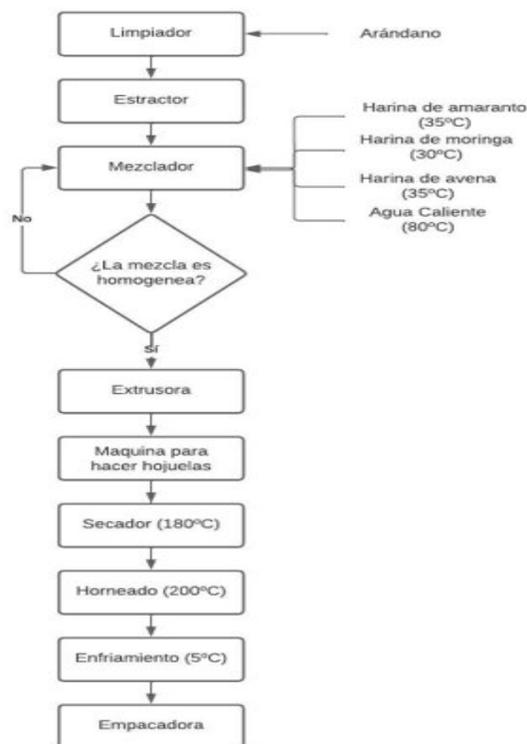
Figura 3 Distribución por el método de la huella circular.

CASO 2: Cereal de amaranto con avena endulzado con jarabe de arándano y moringa

México ocupa el segundo lugar de prevalencia mundial de obesidad en la población adulta (30 %), que es diez veces mayor que la de Japón o Corea (4 %) [Barrera, 2013]. La importancia de productos altos en fibras como la avena cereal rico en proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, entre las que se incluye el beta-glucano la cual contribuye a disminuir el colesterol sanguíneo [López et al., 2016]. Las semillas de moringa ayudan a reducir los niveles de colesterol LDL en la sangre previniendo accidentes cardiovasculares, además es considerado un antioxidante. Así mismo el amaranto reduce los niveles de colesterol en sangre. Numerosas investigaciones relacionan al arándano con el aumento de colesterol HDL, lo que estaría asociado a una disminución en la probabilidad de sufrir afecciones cardíacas; esto debido a su gran poder antioxidante [Gopalakrishnan, 2016].

La innovación de productos alimentarios que contribuyen al cuidado de la salud ha generado la necesidad de producir alimentos saludables, por lo que el diseño de una planta productora en el país contribuiría al desarrollo tecnológico, generación de empleos y crecimiento económico. Se realizó la línea de producción para la elaboración del cereal considerando ocho equipos, los cuales se distribuyeron de manera óptima con el método de la huella circular. Para la ubicación de la planta se realizó un estudio de mercado que a través del método de Brown- Gibson desarrollado indicó que el lugar más factible es el estado de Sinaloa. Por lo que esta investigación diseña una planta de cereal de amaranto y avena con beneficios nutrimentales la cual produce 682 bolsas de cereal por hora.

Para el diseño de la planta se realizó el diagrama de flujo para conocer de manera general el proceso como se muestra en la figura 4.



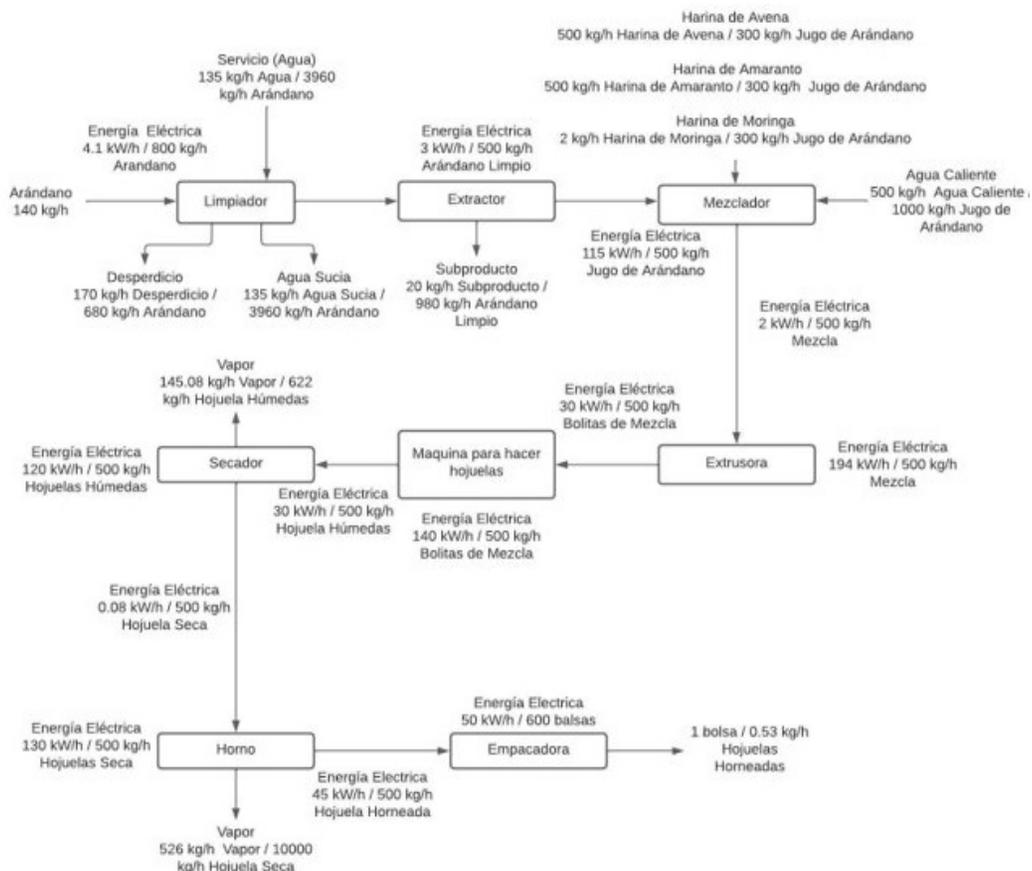
Fuente: elaboración propia.

Figura 4 Diagrama de flujo.

El proceso contiene 8 equipos y varias bandas transportadoras para facilitar el manejo del cereal, en la figura 5 se muestran los balances de materia y energía que

nos permiten conocer los flujos y condiciones de operación del proceso. Para la elaboración del cereal se obtuvieron los siguientes resultados de costos fijos de la planta y los costos variables semanales como se muestra en la tabla 3.

Para obtener los costos de los equipos se tomó en cuenta el factor de presión, factor de corrección de inflación, factor de material de construcción, factor de parámetros adicionales, costo de proveedor y los índices de escala-costo para diversos equipos. Los costos variables provienen del consumo y suministro del proceso, como lo es la mano de obra, que se relaciona con el número de trabajadores y el salario mínimo; y para los insumos y servicios se relaciona el costo del servicio o del insumo con la cantidad consumida. El costo de la planta es de \$2556298.62. Al realizar el método de huella circular, tomando en cuenta que se toma una distancia de seguridad de 2 m entre cada equipo, se obtiene que la distribución de la empresa cereal como se muestra en la figura 6.



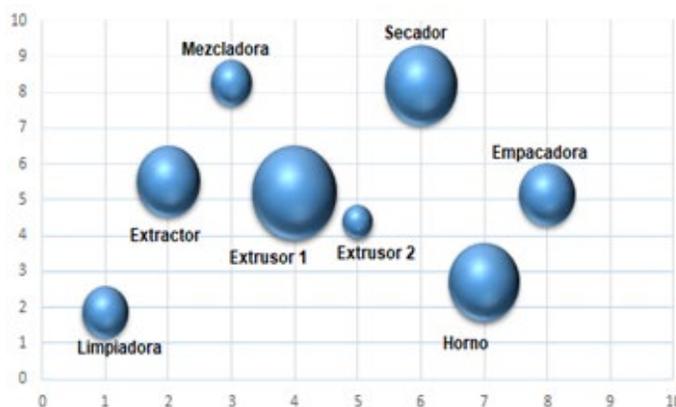
Fuente: elaboración propia.

Figura 5 Diagrama conceptual del proceso.

Tabla 3 Costos variables y fijos requeridos durante el proceso de elaboración de cereal.

COSTOS FIJOS		COSTOS VARIABLES (SEMANAL)	
Equipo	Costo (\$)		Costo (\$)
Limpiador	106809.11	Materia prima	591524.71
Mezclador	243498.9	Mano de obra	15000
Extrusor	291478	Material empacado	70743.508
Máquina para hacer hojuelas	292035	Servicio (agua)	134.883
Secador	366335.32	Servicio (energía e.)	107565.73
Horno	232094.7	Servicio (Combustóleo)	12634.2
Empacadora	226444.56		
Total	\$1758695.59	Total	\$797603.031

Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

Figura 6 Distribución de los equipos.

El correcto y adecuado desarrollo de una planta industrial en este caso para el sector agroalimentario requiere de un análisis de grande cantidad de parámetros, así mismo de un análisis financiero y estudios de mercados, todo esto con la finalidad de que la planta a diseñar realmente sea un proyecto factible de inversión y tenga éxito dentro del mercado.

4. Discusión

El desarrollo de esta estrategia permitió mostrar de la manera más simple el diseño de una planta bajo un esquema pedagógico, en donde los conocimientos ingenieriles se ponen a prueba para dar soporte al conocimiento. Los dos casos desarrollados es una muestra de las infinitas posibilidades de contribuir con el planeta y con la salud humana. Los estudiantes hicieron uso de las tecnologías de

la información como fuente de apoyo. Seguir una serie de pasos guiado por el docente demuestra el potencial de cada estudiante y de las habilidades que es capaz de desarrollar mientras exista una guía y la seguridad de que se es capaz de diseñar e incursionar en el mundo industrial bajo un bosquejo y una nueva expectativa de crecimiento.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Aider, M., D. Halleux and I. Melnikova. (2009). Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: Impact of processing conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(3): 334-341.
- [2] Barrera-Cruz A, Rodríguez-González A, Molina-Ayala MA. (2013). Escenario actual de la obesidad en México. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, 51(3):292-299.
- [3] Bombón, N., & Albuja, M. (2014). Diseño de una Planta de Saponificación para el Aprovechamiento del Aceite Vegetal de Desecho. *Revista Politécnica*, 34(1), 22. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/304.
- [4] Brown, P., y Gibson, D. (1972). A Quantified Model for Facility Site Selection-Application to a Multiplant Location Problem. *AIIE Transactions*.
- [5] Cárcel Carrasco F.J, C. Roldán Porta, J. Grau Carrión, C. A. Mariottoni (2012). El diseño de planta industrial basado en la fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y compromiso medio-ambiental: Estudio casos en industria alimentaria. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia, 11-13 de julio.
- [6] Díaz Ovalle, C. O., Vázquez Roman, R., Jung, S., y Castillo Borja, F. (2019). A reformulated nonlinear model to solve the facility layout problem. *Chemical Engineering Communications*.
- [7] Díaz Ovalle, C., Vázquez Raman, R., de Lira Flores, J., y Mannan, M. S. (2013). A model to optimize facility layouts with toxic releases and mitigation systems. *Computers & Chemical Engineering*.

- [8] Casp Vanaclocha A.(2012). Tecnología de Alimentos. Diseño de Industrias Agroalimentarias. Edición Mundi-Prensa. Madrid.
- [9] Díaz Ovalle, C. O. (2019). Diseño de Plantas Alimentarias. Celaya, Guanajuato: Tecnológico Nacional de México, Roque.
- [10] Díaz Ovalle, C.O., Ramos Ojeda E, Castillo Borja F. (2022). Estrategia de enseñanza para la ubicación de plantas de procesamiento de alimentos en cadenas de suministro. *Avances en Ciencias e Ingeniería* - ISSN: 0718-8706 / *Av. cien. ing.:* 13 (1), 35-49.
- [11] Erazo, E. R., Caso M.J. (2001). Diseño de una planta de producción de carmín y annato. *Rev. Per. Quim. Ing. Quím.* Vol. 3, No 1, Pags. 48-56.
- [12] Francis, R. L., y White, J. A. (1974). *Facility Layout and location an analytical approach*. Prentice Hall.
- [13] Gopalakrishnan, L.D. (2016) *Moringa oleífera: A review on nutritive importance and its medicinal application*. United States of America: Food Science and Human Wellness.
- [14] López Sobaler, A. M., Aparicio Vizúete, A, Ortega Anta, R. A. (2016). Beneficios nutricionales y sanitarios asociados al consumo de kiwi. *Nutrición Hospitalaria*, 33(Supl. 4), 21-25.
- [15] Maroulis, Z. B., y Saravacos, G. D. (2008). *Food Plant Economics*. Taylor & Francis Group.
- [16] Mula, J., Peidro, D., Díaz Madroñero, M., y Vicens, E. (2010). Mathematical programming models for supply chain production and transport planning. *European Journal of Operational Research*.
- [17] Osorio Trujillo J.M. (2017). Estrategia didáctica para la enseñanza del análisis para la distribución por procesos en un curso de diseño de plantas, EIEI ACOFI.
- [18] Parra, A. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*.62 (1): 4967-4982.
- [19] Pérez Quijano(2013).Elaboración de queso petit-suisse reducido en lactosa, grasa y calorías, sabor manzana. Tesis. Cuatitlan Izalli, Edo. de México: UNAM.