

Intersecciones vitales: perspectivas interdisciplinarias en Ingeniería Industrial y Ciencias Biológicas

Nelly Ivonne Guananga Diaz
Bryan Guillermo Guananga Rodríguez
José Vicente Soria Granizo

**Intersecciones vitales: perspectivas
interdisciplinarias en ingeniería
industrial y ciencias biológicas**

Nelly Ivonne Guananga Diaz
Bryan Guillermo Guananga Rodríguez
José Vicente Soria Granizo

Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad científica del mismo.

© Publicaciones Editorial Grupo Compás
Guayaquil - Ecuador
compasacademico@icloud.com
<https://repositorio.grupocompas.com>



Guananga, N., Guananga, B., Soria, J. (2024) Intersecciones vitales: perspectivas interdisciplinarias en ingeniería industrial y ciencias biológicas. Editorial Grupo Compás

Nelly Ivonne Guananga Diaz
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

Bryan Guillermo Guananga Rodríguez
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

José Vicente Soria Granizo
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH)

ISBN: 978-9942-33-863-1

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

**Intersecciones vitales: perspectivas
interdisciplinarias en ingeniería industrial y ciencias
biológicas**

**Intersecciones vitales: perspectivas
interdisciplinarias en ingeniería industrial y ciencias
biológicas**

Nelly Ivonne Guananga Diaz

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

Bryan Guillermo Guananga Rodríguez

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

José Vicente Soria Granizo

Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH)

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| PROLOGO | 9 |
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| Capítulo 1. Fundamentos de Ingeniería Industrial | 16 |
| 1.1 Introducción..... | 16 |
| 1.2 Conceptos básicos de Ingeniería Industrial | 19 |
| 1.2.1 Sistemas de producción..... | 19 |
| 1.2.2 Técnicas de Producción Avanzada..... | 22 |
| 1.2.3 Teorías de gestión | 25 |
| 1.2.4 Optimización..... | 29 |
| 1.2.5 Mejora continua. | 34 |
| 1.2.6 Ingeniería de métodos..... | 41 |
| 1.2.7 Ergonomía. | 43 |
| 1.2.8 Logística. | 47 |
| 1.2.9 Investigación de operaciones. | 55 |
| 1.3 Áreas de la Ingeniería Industrial | 58 |
| 1.3.1 Gestión de la producción..... | 58 |
| 1.3.2 Gestión de la calidad. | 58 |
| 1.3.3 Gestión de la cadena de suministros..... | 60 |
| 1.3.4 Gestión de operaciones..... | 62 |
| 1.3.5 Seguridad industrial..... | 64 |
| 1.4 Avances científicos y tecnológicos de la Ingeniería Industrial. 66 | |
| Capítulo 2. Fundamentos de LAS Ciencias Biológicas | 75 |
| 2.1 Introducción..... | 75 |
| 2.2 Conceptos básicos de Ciencias Biológicas | 78 |
| 2.2.1 Biología..... | 78 |

| | | |
|--|---|-----|
| 2.2.2 | Célula..... | 81 |
| 2.2.3 | ADN..... | 84 |
| 2.2.4 | Sistemas biológicos..... | 87 |
| 2.2.5 | Biodiversidad..... | 88 |
| 2.2.6 | Evolución..... | 91 |
| 2.3 | Áreas de las Ciencias Biológicas..... | 93 |
| 2.3.1 | Biología celular..... | 93 |
| 2.3.2 | Genética..... | 94 |
| 2.3.3 | Microbiología..... | 97 |
| 2.3.4 | Botánica..... | 100 |
| 2.3.5 | Zoología..... | 101 |
| 2.3.6 | Ecología..... | 104 |
| 2.4 | Avances científicos y tecnológicos de las Ciencias Biológicas. 106 | |
| Capítulo 3. Aplicaciones de la Ingeniería Industrial en las Ciencias Biológicas..... 111 | | |
| 3.1 | Introducción..... | 111 |
| 3.2 | Optimización de procesos biológicos..... | 115 |
| 3.3 | Diseño y gestión de sistemas de producción biotecnológica. 123 | |
| 3.4 | Logística y cadena de suministro en la industria biológica... 128 | |
| 3.5 | Optimización de la producción agrícola mediante tecnologías industriales..... | 132 |
| Capítulo 4. Aplicaciones de las Ciencias Biológicas en la Ingeniería Industrial..... 139 | | |
| 4.1 | Introducción..... | 139 |
| 4.2 | Biomimética y diseño inspirado en la naturaleza..... | 142 |
| 4.3 | Aplicaciones de la biología en la mejora de procesos industriales..... | 147 |
| 4.4 | Bioinformática y análisis de datos en ingeniería industrial .. | 152 |

| | | |
|--|---|-----|
| 4.5 | Desarrollo de materiales biocompatibles para aplicaciones industriales | 155 |
| 4.6 | Integración de sistemas biológicos en procesos industriales de producción de energía. | 161 |
| Capítulo 5. Casos de Estudio Interdisciplinarios | | 173 |
| 5.1 | Introducción..... | 173 |
| 5.2 | Beneficios y desafíos de la interdisciplinariedad | 177 |
| 5.3 | Ética y responsabilidad en la aplicación de tecnologías interdisciplinarias | 181 |
| 5.4 | Intersección entre la Ingeniería Industrial y las Ciencias Biológicas..... | 187 |
| 5.5 | Casos de éxito | 189 |
| Capítulo 6. Relación de la Ingeniería Industrial con la industria farmacéutica | | 196 |
| 6.1 | Introducción..... | 196 |
| 6.2 | Optimización de procesos de fabricación..... | 201 |
| 6.3 | Gestión de la cadena de suministros | 205 |
| 6.4 | Diseño de instalaciones y equipos | 210 |
| 6.5 | Control de calidad y mejora continua..... | 215 |
| 6.6 | Innovación tecnológica | 221 |
| 6.6.1 | Automatización | 222 |
| 6.6.2 | Robótica..... | 223 |
| 6.6.3 | Simulación de procesos | 224 |
| 6.7 | Desafíos y oportunidades en la producción de medicamentos 226 | |
| Capítulo 7. Desafíos y oportunidades en la intersección de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas..... | | 230 |
| 7.1 | Introducción..... | 230 |
| 7.2 | Tendencias emergentes y futuras en la convergencia de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas..... | 233 |

| | | |
|---------------------------------|--|-----|
| 7.2.1 | Ingeniería de tejidos | 234 |
| 7.2.2 | Optimización de la producción de alimentos | 235 |
| 7.2.3 | Bioinformática y análisis de Big Data en salud | 236 |
| 7.2.4 | Ingeniería biológica | 237 |
| 7.3 | Oportunidades de investigación y desarrollo | 239 |
| 7.4 | Impacto en la sociedad y el medio ambiente | 241 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 243 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Procesos de producción | 20 |
| Figura 2. Mejora Continua..... | 36 |
| Figura 3. Mejora continua organizacional..... | 37 |
| Figura 4. Tipos de ergonomía..... | 46 |
| Figura 1. Partes de una célula | 82 |
| Figura 5. Tipos de células | 83 |
| Figura 7. Estructura Molecular del ADN..... | 87 |
| Figura 8. Biología celular y molecular | 94 |
| Figura 9. Genética en los seres humanos..... | 96 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1: Diferencias entre las células procariotas y eucariotas. | 84 |
| Tabla 2: Ciencias que apoyan a la zoología | 103 |
| Tabla 3. Herramientas de la ingeniería industrial para la optimización de procesos. | 203 |

PROLOGO

Vivimos en una era de rápidas transformaciones y desafíos complejos que requieren respuestas innovadoras y multidisciplinarias. En este contexto, la intersección entre la ingeniería industrial y las ciencias biológicas representa una confluencia poderosa y prometedora. "Intersecciones Vitales: Perspectivas Interdisciplinarias en Ingeniería Industrial y Ciencias Biológicas" es una obra que se adentra en este fascinante cruce de disciplinas, explorando cómo la integración de sus principios y técnicas puede ofrecer soluciones sostenibles y eficaces a los problemas contemporáneos.

La ingeniería industrial, con su enfoque en la optimización de sistemas, la eficiencia y la mejora continua, ha sido fundamental para el desarrollo de procesos productivos más eficaces y rentables. Por otro lado, las ciencias biológicas, con su comprensión profunda de los sistemas vivos y su complejidad inherente, nos proporcionan un conocimiento invaluable sobre la naturaleza y los procesos biológicos que pueden ser aprovechados para innovaciones tecnológicas.

Este libro surge de la necesidad de superar las barreras disciplinarias y promover un diálogo enriquecedor entre ingenieros industriales y científicos biológicos. No se trata simplemente de interponer conocimientos, sino de integrarlos de manera que

generen nuevas perspectivas y enfoques más holísticos. La sinergia entre estas dos áreas del conocimiento puede impulsar avances significativos en campos tan diversos como la biotecnología, la producción agrícola, la industria farmacéutica y la gestión ambiental.

Los capítulos que componen esta obra están diseñados para ofrecer una visión comprensiva y detallada de cada disciplina, así como de sus aplicaciones cruzadas. A través de conceptos fundamentales, estudios de caso y análisis de tendencias emergentes, el lector podrá apreciar la riqueza y el potencial de esta intersección interdisciplinaria.

"Intersecciones Vitales: Perspectivas Interdisciplinarias en Ingeniería Industrial y Ciencias Biológicas" es más que un libro académico; es una invitación a repensar las fronteras del conocimiento y a explorar las posibilidades que surgen cuando combinamos nuestras fuerzas. Alentamos a los lectores a adentrarse en estas páginas con una mente abierta y una disposición a descubrir nuevas formas de abordar los problemas globales.

Esperamos que esta obra inspire a ingenieros, biólogos, estudiantes y profesionales de diversas disciplinas a colaborar y contribuir a un futuro más sostenible y equitativo. Al unir nuestros conocimientos y habilidades, podemos crear soluciones innovadoras que beneficien a la humanidad y al planeta.

INTRODUCCIÓN

En el panorama contemporáneo de la ciencia y la tecnología, las fronteras disciplinarias se están desdibujando, dando lugar a nuevas y emocionantes intersecciones. "Intersecciones Vitales: Perspectivas Interdisciplinarias en Ingeniería Industrial y Ciencias Biológicas" es una exploración profunda y detallada de una de estas convergencias. Este libro se centra en la rica intersección entre la ingeniería industrial y las ciencias biológicas, áreas que, aunque aparentemente dispares, comparten una sorprendente cantidad de sinergias y oportunidades para la innovación.

La ingeniería industrial, con su enfoque en la optimización de sistemas, mejora continua y eficiencia, ha sido un pilar fundamental en la evolución de la producción y la gestión de operaciones. Por otro lado, las ciencias biológicas, con su vasto conocimiento sobre los sistemas vivos, la biodiversidad y la evolución, ofrecen una perspectiva esencial y complementaria. Juntas, estas disciplinas pueden abordar algunos de los desafíos más apremiantes de nuestro tiempo, desde la producción sostenible de alimentos hasta la creación de materiales biocompatibles y el desarrollo de soluciones energéticas innovadoras.

Este libro está organizado en siete capítulos que detallan los fundamentos de cada disciplina, sus aplicaciones cruzadas y los

beneficios de la interdisciplinariedad. A través de estos capítulos, se ofrece una visión comprehensiva que no solo ilumina las fortalezas individuales de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas, sino también cómo su integración puede conducir a avances significativos y sostenibles.

El primer capítulo introduce los conceptos básicos de la ingeniería industrial, cubriendo áreas esenciales como los sistemas de producción, la optimización, la mejora continua y la ergonomía. Estas áreas forman la columna vertebral de la ingeniería industrial, proporcionando las herramientas y técnicas necesarias para diseñar, analizar y gestionar sistemas complejos. Además, se examinan las áreas de gestión de producción, gestión de calidad, cadena de suministros y seguridad industrial, destacando cómo estas disciplinas se han transformado gracias a los avances científicos y tecnológicos.

En el segundo capítulo, se presentan los conceptos fundamentales de las ciencias biológicas, incluyendo la biología, la célula, el ADN y los sistemas biológicos. Estos fundamentos son cruciales para entender la vida y los procesos biológicos. Las áreas de biología celular, genética, microbiología, botánica, zoología y ecología se exploran en detalle, ilustrando cómo los avances en estas áreas han ampliado nuestro conocimiento del mundo natural y han abierto nuevas posibilidades para aplicaciones prácticas.

El tercer capítulo destaca cómo los principios y técnicas de la ingeniería industrial pueden aplicarse eficazmente en el ámbito de las ciencias biológicas. Aquí se abordan temas como la optimización de procesos biológicos, el diseño y gestión de sistemas de producción biotecnológica y la logística en la industria biológica. Además, se examina cómo las tecnologías industriales pueden optimizar la producción agrícola, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de las prácticas agrícolas.

El cuarto capítulo invierte la perspectiva, explorando cómo las ciencias biológicas pueden enriquecer la ingeniería industrial. La biomimética, o el diseño inspirado en la naturaleza, es un campo emergente que ha revolucionado el desarrollo de nuevos materiales y procesos. También se discuten aplicaciones biológicas en la mejora de procesos industriales, el uso de la bioinformática para el análisis de datos y el desarrollo de materiales biocompatibles. La integración de sistemas biológicos en la producción de energía industrial es otro ejemplo destacado, mostrando cómo las ciencias biológicas pueden ofrecer soluciones sostenibles e innovadoras.

El quinto capítulo presenta casos de estudio que ilustran los beneficios y desafíos de la interdisciplinariedad. Se examinan ejemplos concretos de cómo la colaboración entre ingenieros industriales y biólogos ha dado lugar a soluciones exitosas y sostenibles. También se discuten los aspectos éticos y la responsabilidad en la aplicación de tecnologías interdisciplinarias,

subrayando la importancia de abordar los problemas de manera holística y con una perspectiva ética.

El sexto capítulo se centra en la relación entre la ingeniería industrial y la industria farmacéutica. Aquí se abordan temas como la optimización de procesos de fabricación, la gestión de la cadena de suministros, el diseño de instalaciones y equipos, y el control de calidad. La innovación tecnológica, incluyendo la automatización, la robótica y la simulación de procesos, se destaca como un factor clave en la mejora de la eficiencia y la calidad en la producción de medicamentos. Además, se discuten los desafíos y oportunidades específicos de la industria farmacéutica, proporcionando una visión integral de este sector vital.

El capítulo final del libro explora las tendencias emergentes y futuras en la convergencia de estas dos disciplinas. Se destacan las oportunidades de investigación y desarrollo, así como el impacto potencial en la sociedad y el medio ambiente. Este capítulo ofrece una visión esperanzadora de cómo la colaboración interdisciplinaria puede abordar algunos de los problemas más urgentes de nuestro tiempo y crear un futuro más sostenible y equitativo.

"Intersecciones Vitales: Perspectivas Interdisciplinarias en Ingeniería Industrial y Ciencias Biológicas" no es solo una exploración académica, sino una llamada a la acción para profesionales, investigadores y estudiantes de ambas disciplinas. Al entender y aprovechar las sinergias entre la ingeniería industrial y

las ciencias biológicas, podemos desarrollar soluciones innovadoras y sostenibles que beneficien a la sociedad y al medio ambiente. Este libro es una invitación a mirar más allá de las fronteras tradicionales y a reconocer las oportunidades que surgen cuando combinamos nuestros conocimientos y habilidades. Al hacerlo, podemos crear un impacto duradero y positivo, no solo en nuestros respectivos campos, sino en el mundo entero.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

1.1 Introducción

Dentro de las ramas de la ingeniería, la ingeniería industrial es la que mayor versatilidad presenta, teniendo en cuenta el rango de movimiento tan amplio de ejecución a la que puede dedicarse, no solo se enfoca en el proceso productivo, sino también por la relación que tiene la empresa con el entorno, no solo desde el punto de vista medioambiental, sino la relación que tiene con otras empresas, incluso con sus competidores más cercanos, la relación con los trabajadores, la cual es fundamental hoy en día, entre otras. Además de esto, luego de la pandemia, ha sido una de las ramas de la ingeniería que han tenido que modificarse con paso agigantados para poder llegar a los niveles de comercialización y mercado que se tenía antes de la pandemia y apoyándose en los avances tecnológicos y a la nueva visión de la industria que ha logrado llegar a los niveles deseado (Montoya Restrepo, 2023).

Por otra parte, la ingeniería en general, se puede definir como la ciencia donde se aplican los conocimientos matemáticos y los conocimientos de las ciencias naturales, y estas se unen de manera adecuada, a través de la experiencia, la práctica y la lógica, con el objetivo principal de beneficiar a los seres humanos (Serna, 2012).

La ingeniería industrial, de la misma manera que las otras ramas de la ingeniería, tiene como propósito principal, generar soluciones

efectivas a problemas y necesidades generadas por los clientes y el entorno, haciendo uso de estrategias que aumenten la productividad y competitividad de las organizaciones, además de buscar la optimización de los recursos materiales y mano de obra (Montoya Restrepo, 2023).

Como objeto de estudio, la ingeniería industrial se enfoca en los sistemas de producción, no solo de bienes sino también de servicios, esto amplía el rango de trabajo, es decir, no se enfoca únicamente en las empresas de manufactura, pudiendo involucrar a todos los tipos de sistemas y su entorno. Es por esto que la ingeniería industrial, ha sido parte importante en la creación de las sociedades como se conocen hoy en día, tomando en cuenta que la creatividad y la innovación en el área tecnológica ha permitido el desarrollo y la mejora significativa de las organizaciones, sobre todo en este siglo donde la competitividad empresarial y la globalización son cada vez más exigentes (Bejarano & Sacoto, 2022).

En cuanto a las soluciones que trae la ingeniería industrial, estas deben ser efectivas, buscando siempre que se genere el menor costo posible, no solo desde el punto de vista económico, sino ambiental y social, siendo un punto delicado la parte medioambiental, debido al impacto que ha tenido el hombre en la naturaleza y ahora se busca minimizar el posible impacto de las nuevas empresas e incluso participar en acciones correctivas (Montoya Restrepo, 2023).

Además, la ingeniería industrial, al generar soluciones, debe estar atenta a todos los factores externos que puedan influenciar de manera indirecta o directa el sistema productivo, por ejemplo, la legislación de la región, las normativas nacionales e internacionales, los factores sociales, es decir, la generación de empleos, la oportunidades internas y externas de la organización respecto a la zona geográfica donde se desarrolla la empresa y evaluar los factores ambientales que puedan verse afectados o beneficiados por la misma organización.

Todo este análisis de los problemas, la ingeniería industrial los evalúa de manera sistemática, es decir, primero requiere identificar las necesidades y todas las situaciones problemáticas que afectan la organización o la producción, luego analiza cada una de estas variables, para entenderlas y sintetizar las causas de los problemas y cuáles son los efectos no visibles de la situación problemática, una vez definidos los problemas, se plantean las soluciones alternativas que se van a implementar, efectuadas estas soluciones, se realiza la ejecución y la evaluación de los resultados que genera la solución dada, si esta no causa el efecto deseado se repite el ciclo de evaluación, hasta generar la solución que mejor se adapte a la empresa. (Montoya Restrepo, 2023).

En el presente capítulo, se evaluarán los conceptos básicos referentes a la ingeniería industrial, incluyendo los sistemas de producción, la optimización, la mejora continua, la ingeniería de

métodos, el estudio de la ergonomía, la logística, y la investigación de operaciones. Además de conocer las áreas de la ingeniería industrial, como la gestión de la producción, la gestión de la calidad, la gestión de la cadena de suministros, la gestión de operaciones y la seguridad industrial. Finalmente se evaluarán los avances científicos y tecnológicos de la ingeniería industrial, evaluando la importancia de la misma para la sociedad actual.

1.2 Conceptos básicos de Ingeniería Industrial

1.2.1 *Sistemas de producción.*

Los sistemas de producción, de acuerdo con la definición dada por Andrés, B. y Sempere, F. (2022), están comprendidos por todos los recursos, tanto tangibles, como intangibles, que se utilizan en la empresa para llevar a cabo un proceso de elaboración de productos, con el fin, de cumplir con los propósitos y objetivos de la empresa, con ellos, se llevan a cabo las diferentes actividades de transformación de la materia prima, en productos que difieren de la composición original de esta y que se integran con otras para mejorar la calidad, la vida útil o crear productos totalmente diferentes a las iniciales.

Este mismo autor explica también que cada empresa configura su sistema productivo de acuerdo a las necesidades de la misma, sin embargo, se pueden enumerar ciertas variables que se cumplen en cada empresa y que son necesariamente útiles para mejorar la gestión de la organización y ser altamente competitivas en el

mercado donde se desarrollen, además de esto indica que las actividades deben ser planificadas y cada empresa utiliza la siguiente ecuación para llevar a cabo su sistema de producción: (Ver Figura 1).

Entrada (materia prima, insumos, información) → Proceso de producción (Operaciones de transformación de la materia prima, transformación de la información) → Producto o servicio terminado.

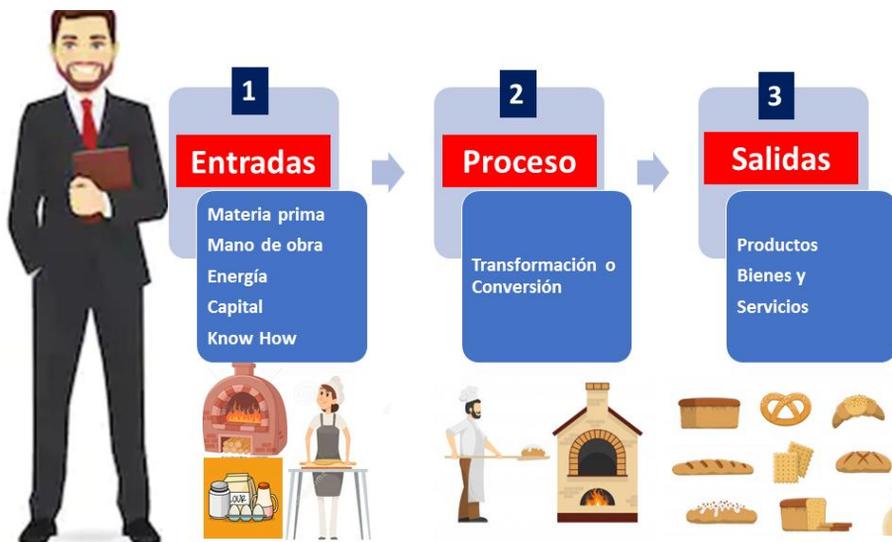


Figura 1. Procesos de producción.

Fuente: <https://economipedia.com/definiciones/sistema-de-produccion.html>.

Bautista, J. (2017), clasifica los sistemas producción de acuerdo a la cantidad de productos que se realizan teniendo entonces, los sistemas productivos por lotes, los sistemas productivos continuos y los sistemas productivos por proyecto, a continuación, se dan detalles de los tres tipos de sistemas productivos de acuerdo al autor:

- **Sistemas productivos continuo:** como su nombre lo indica, el flujo de materiales en la línea de producción es continuo, no hay pausas dentro del sistema y no hay ningún tipo de transición entre las operaciones unitarias, los equipos están diseñados para repetir una misma labor una y otra vez, lo cual requiere que el mantenimiento preventivo sea estricto, es necesario que el personal que labora en estas líneas de producción estén capacitados para el trabajo, en ciertos casos esta especialización limita al personal en una sola áreas, se requiere una demanda estable del producto, de lo contrario se corre el riesgo de perder la producción, por otro lado, la línea de producción no permite la personalización de los productos.
- **Sistemas productivos por lotes:** este sistema de producción, se utiliza cuando la demanda del producto no amerita un proceso continuo, la línea de producción va elaborando el producto a medida que es requerido por el proceso, tiende a ser una línea de producción flexible a la personalización de los productos y no requiere una gran

cantidad de maquinaria, además que los recursos llegan a ser flexibles por la diversidad de productos a elaborar.

- **Sistemas productivos por proyecto:** en este tipo de sistema a pesar de no existir un flujo de producto, si existe una secuencia de operaciones, las cuales deben ser llevadas a cabo en el tiempo requerido para poder cumplir con el objetivo final, este tipo de sistema se caracteriza por que cada producto es diferente del otro, permitiendo la personalización del mismo, las operaciones dentro del sistema productivo por lote, no puede ser automatizada, estos proyectos tienen la particularidad, de que son proyectos muy grandes, en la que las herramientas y el personal se traslada al sitio de trabajo.

1.2.2 *Técnicas de Producción Avanzada.*

- **Lean Manufacturing**

Esta filosofía de trabajo, se basa en las personas, donde se define la forma de mejorar y optimizar un proceso productivo, enfocándose en la identificación y eliminación de todos los desperdicios, definiendo como desperdicios todo proceso o actividad que utiliza más recursos de lo necesario de manera estricta. En cuanto a los desperdicios, se pueden establecer los siguientes ítems como desperdicios de producción, tiempo de espera, sobreproducción, exceso de procesado, inventario defectos y movimiento, en este sentido, la filosofía Lean, observa lo que no

se debe realizar y lo elimina, debido a que no le agrega valor al cliente, para poder alcanzar el objetivo de eliminar lo que no agrega valor, utiliza una serie de técnicas que cubren por completo todas las áreas de la empresa, desde cómo organizar adecuadamente un puesto de trabajo, pasando por el flujo interno de producción hasta la cadena de suministros, es decir, abarca cada una de las áreas de la empresa. En este sentido, la filosofía busca generar una cultura organizacional, que se basa en la comunicación y trabajo en equipo, por lo cual, esta filosofía no es estática, cambia su estilo con cada caso concreto, buscando siempre que las formas de hacer las cosas siempre sean más económicas, flexibles y más ágiles, además de que la filosofía no solo se aplica a la producción y puestos de trabajo, esta debe venir como una cultura organizacional que empieza en la directiva de la empresa (Hernández & Vizán, 2013).

- **Manufactura celular**

Este tipo de manufactura, se basa en la agrupación de diferentes maquinas, herramientas o equipos de trabajo, que se unen para lograr un flujo ordenado y secuencial en la producción, evitando el desperdicio, está centrado en la identificación de partes similares y la celda se compone de máquinas heterogéneas para producir un grupo de productos o piezas particulares, presenta una serie de ventajas como, por ejemplo, el aumento de la flexibilidad y la eficacia, las operaciones en la planta son continuas, los procesos son flexibles, entendiendo que en una misma área de trabajo, se

puede elaborar varios productos. Al ser pocos operarios en una celda de trabajo, estos sienten mayor pertenencia de la empresa, puesto que se involucran con más áreas dentro de la elaboración del producto, elimina varias actividades de producción, como el movimiento de materiales, sobreproducción, transporte, entre otras, también existen varios inconvenientes de la aplicación de la filosofía de manufactura celular, entre los que se mencionan, que los trabajadores deben ser polivalentes, la forma de la celda de trabajo debe ser en U, preferiblemente, se debe realizar una inversión en maquinaria, los métodos de automatización deben ser simples, además se debe mejorar el tiempo de cambio de herramientas (Llancay Loayza, 2019).

- **Just In Time**

Al traducirse el término, este indica que significa Justo a Tiempo, esta filosofía, indica cómo se debe llevar a cabo la línea de producción para poder optimizarla, establece que cada componente necesario para la elaboración de un producto debe estar en el sitio de producción justo a tiempo, de manera que se evite el desperdicio de tiempo y de material, simplificando el proceso, además de que permite detectar las fallas y problemas, dando solución inmediata a estos. Considerando esta estrategia, es necesario involucrar a todos los actores de la producción y esto incluye a los proveedores, solo así se podrá lograr el proceso de mejora continua dentro de la organización, los objetivos de la

filosofía de Just In Time son los siguientes: eliminar todo lo que no añade valor al producto, buscar simplicidad para una gestión más eficaz, diseñar el sistema para identificar los problemas y dejar en evidencia los problemas de la empresa (Viejó & Amaguaya, 2022).

1.2.3 Teorías de gestión

-Modelo de Gestión de Calidad Total (TQM)

Un modelo de gestión de la calidad total, se basa en la estrategia de orientar en la organización una conciencia de calidad, que involucra a todos los procesos de la organización, sin importar que estos estén involucrados o no con el producto, es decir, esta estrategia se enfoca no solo en lo que se vende u ofrece al cliente, sino que involucra al recurso humano, los métodos que se utilizan, los procesos, todo lo que engloba la empresa, haciendo que cada una de las personas que trabajan dentro de la organización, sean responsables de la calidad del producto o servicio que se entrega al cliente, esto implica un cambio radical en la cultura organizacional, haciendo que cada uno de los involucrados, tenga sentido de pertenencia, para ello, la gestión de la calidad total necesita que se apliquen ciertos aspectos, como por ejemplo: el escuchar a los clientes, entendiéndose como clientes, no solo al que se le vende el producto o servicio, sino a los clientes internos de la organización, entendiendo las necesidades y requerimientos del momento presente, la mejora continua, no solo del proceso productivo, sino de todos los procesos que se llevan a cabo dentro de la organización.

Esto implica la mejora continua del personal, ofreciendo capacitación adecuada para poder resolver problemas de manera eficaz y mejorar todos los procesos, además de esto, las decisiones deben ser tomadas siempre basadas en hechos y para ello se requiere tomar mediciones, tener indicadores, no se pueden tomar decisiones basándose en corazonadas o intuiciones. Por otra parte, la gestión de la calidad total, tiene un impacto social y no solo debe velar por la satisfacción de los clientes, sino por la preservación de los recursos naturales y del medio ambiente, por último y no menos importante, es necesario integrar a los proveedores en esta cultura de gestión de calidad total, entendiendo que son parte vital para que esta pueda funcionar adecuadamente (Carmen Yaguana & Herrera Morán, 2020).

-Modelo de Excelencia EFQM

Este modelo de gestión, no se aplica en las organizaciones para buscar una certificación, se aplica como un compromiso de autoevaluación y autoconocimiento de la organización, con el cual, la directiva y todos los participantes dentro de la empresa se comprometen a implementar las correcciones necesarias para mantener el éxito. El modelo de excelencia ha sufrido varios ajustes a lo largo del tiempo, actualmente se apoya en la herramienta de diagnóstico REDER (Resultados, Enfoque, Despliegue, Evaluación, Revisión), entendiendo que cada organización presenta diferentes retos, sin embargo, el modelo de excelencia, busca que la empresa

presente coherencia con el propósito de la organización, es decir, que se internalice el por qué y para qué existe, y este cuestionamiento debe ser realizado por todas las áreas de la organización y evaluar como contribuye cada una de ellas al éxito de la empresa, además de que el lenguaje con que se presenta el modelo es mucho más sencillo, haciendo que la gestión se enfoque en tres variables, la dirección (que hace la empresa), la ejecución (cómo lo hace) y cuáles son los resultados que obtiene. Esto le permite establecer estrategias a mediano y largo plazo, orientando las acciones hacia el futuro y la sostenibilidad, teniendo en cuenta que no es un sistema aislado y que trabaja en un ecosistema, donde debe considerar a la competencia y el entorno donde se desenvuelve, para lo cual, debe tener procesos que sean de fácil adaptación a los cambios, para poder mantenerse como una empresa innovadora, cambiando el enfoque de liderazgo jerárquico a liderazgo organizacional, donde cada uno de los involucrados aporta al propósito de la organización, por último, el modelo insta a la organizaciones a establecer modelos predictivos con herramientas de inteligencia artificial, algoritmos genéticos, el Big Data Analysis, con los cuales puedan prever los posibles escenarios futuros gestionando mejor los riesgos y asegurar la continuidad de la empresa (San Nicolas & del Castillo, 2020).

-ISO 9001: Gestión de la Calidad

La Norma ISO 9001 es la norma internacional que se encarga de estandarizar los sistemas de gestión de la calidad, las empresas aplican la norma cuando necesita demostrar que está capacitada para proporcionar de manera regular servicios y productos que sean capaces de satisfacer los requerimientos de los clientes, además de los requisitos legales y reglamentarios, además de esto, la empresa aplica la norma cuando tiene aspiraciones de aumentar la satisfacción del cliente mediante la aplicación eficaz del sistema, esto incluye los procesos para mejorar el sistema y el aseguramiento de la conformidad que presentan los clientes y las reglamentaciones aplicables a la organización (Norma Internacional ISO 9001, 2018).

-ISO 14001: Gestión Ambiental

La Norma ISO 14001 se enfoca en todos los requisitos para que una empresa cumpla con un adecuado sistema de gestión ambiental, de tal manera que la empresa se responsabilice de sus obligaciones ambientales de forma sistemática y contribuya adecuadamente con la sostenibilidad del medio ambiente, bien sea, estableciendo reglamentaciones para mitigar o prevenir impactos ambientales adversos o indicando la manera de realizar la disposición final de los residuos y desechos con el objetivo de evitar daños al medio ambiente, buscando siempre que la organización obtenga el beneficio económico y operacional que puedan ser el resultado de

una adecuada gestión ambiental (Norma Internacional ISO 14001, 2018).

-ISO 45001: Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

En la Norma ISO 45001 se especifican los requisitos que cualquier empresa, sin importar su tamaño o su tipo, debe aplicar para establecer un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, además de que proporciona la orientación adecuada para su uso, brindándole a la empresa la oportunidad de ofrecer lugares de trabajo saludable y seguros, buscando siempre la prevención de lesiones o el deterioro de la salud de los trabajadores por la exposición a la jornada laboral, de tal manera que mejora la proactividad del trabajador y de la empresa en relación a la seguridad y salud en el trabajo (Norma Internacional ISO 45001, 2018).

1.2.4 Optimización.

El termino optimizar, se entiende como la manera de realizar un trabajo de la mejor manera posible (Real Academia Española), desde el punto de vista industrial, la optimización de procesos, se enfoca en mejorar las líneas de producción, evitando que existan retrocesos en la línea, costos de reproceso, aumentando así la eficiencia de la empresa, con el objetivo de tener mejores beneficios, no solo desde el punto de vista económico, sino en cuanto a la reducción de los

tiempos de producción y un mejor uso de los recursos de la organización (Gavilanes Mata & Huacón Muñoz, 2020).

Toda empresa que evalúa sus procesos con el objetivo de optimizarlos, lo que realmente espera que ocurra es una o varias de las siguientes afirmaciones:

- Eliminar los errores que causen defectos en los servicios o productos.
- Eliminar actividades que no generan valor al producto o servicio.
- Evitar los reprocesos.
- Disminuir los tiempos del proceso.
- Mejorar la atención al cliente y la calidad del producto.
- Aumentar la eficiencia organizacional.
- Disminuir los costos de producción.

La optimización de los procesos en las empresas, no solo se enfoca en la disminución de los tiempos de producción y mejora del flujo de los materiales dentro de la línea, sino también un mejor uso de los equipos, la infraestructura y mejor desempeño de la mano de obra puesto a que, al trabajar todos con mejores directrices y en un mejor uso del tiempo dentro de la línea, el trabajo se hace menos agotador, además un buen uso de los materiales, mano de obra, equipos e infraestructura, se reflejará en la satisfacción del cliente (Gavilanes Mata & Huacón Muñoz, 2020).

- Métodos de Optimización Avanzada
 - Técnicas de optimización multiobjetivo: como su nombre lo indica, se utiliza cuando se requiere optimizar varios objetivos al mismo tiempo, su uso facilita un conjunto de soluciones, utilizando Pareto. Las soluciones obtenidas con esta técnica, debe ser aceptada por quien toma la decisión, para ello, el vector de variables, debe cumplir con las restricciones y debe optimizar la función vectorial, donde cada elemento representa a cada función objetivo individual (Arequipa Quishpe & Ayabaca Landi, 2022).

 - Algoritmos genéticos: se basan en la resolución de problemas utilizando la naturaleza como inspiración para resolverlos, en específico, utiliza el principio de Darwin de reproducción y supervivencia del individuo más apto, para generar un algoritmo genético, lo primero que se debe hacer es generar una población inicial, de manera aleatoria, cuyo tamaño se define mientras se diseña el algoritmo, teniendo la población y el tamaño, se procede a evaluar cada individuo por la aptitud o fitness, quien decide cual o cuales individuos contribuyen a la siguiente generación es el operador de selección, el cual simula el proceso de selección natural, luego se aplican los operadores genéticos y se cruzan con el objetivo de recombinar el material genético,

para crear descendientes, luego se aplica el operador de mutación, el cual actual con baja probabilidad, modificando algunos genes del cromosoma, dando soluciones alternativas, finalmente, con estas mutaciones, se obtiene la siguiente generación y esta es evaluada por el proceso descrito, hasta conseguir las mejores soluciones a los problemas.

- Algoritmos de enjambre de partículas: cuando hay espacios dimensionales, se utiliza la técnica de enjambre de partículas, la cual resulta del estudio matemático del comportamiento de diferentes especies en la naturaleza, donde instintivamente buscan una mejor calidad de vida, la función de la estrategia de optimización, es buscar valores donde los resultados de la función sean máximos o mínimos, esta función se denomina fitness y permite determinar si la posición actual de cada partícula es la mejor. Cada partícula dentro de la función es atraída hacia su mejor global y su mejor personal, el mejor global, se refiere a la posición encontrada por todos los individuos de la función y el mejor personal, es que cada partícula encuentra su mejor posición individual (Arequipa Quishpe & Ayabaca Landi, 2022).

- Herramientas de Software de optimización industrial
 - LINGO: se utiliza para resolver de manera eficaz modelos de optimización, que pueden ser enteros, lineales o no lineales, el lenguaje que utiliza el software es de modelización matemática, se basa en conjuntos, los operadores y las opciones de salida y entrada de datos. Es necesario destacar algunos aspectos del programa, entre los que se tienen, el signo de exclamación indica que hay un comentario y el texto de dicho comentario, aparecerá en color verde, en color azul, para resaltar las funciones y los operadores, el texto en general aparece de color negro, las sentencias deben terminar siempre en punto y coma; para escribir los nombres de las variables hay que tener en cuenta que el programa no distingue entre mayúscula y minúscula, además que el nombre de la variable debe empezar con una letra, el resto puede ser alfanumérica (Gil de Biedma Pascual del Pobil, 2023).
 - SOLVER: es una de las herramientas menos utilizadas del programa Excel, a pesar de esto, es una de las más útiles del programa, entendiéndose que permite buscar máximos, mínimos y exactos de una fórmula, cambiando el valor de una a más variables, las cuales se ubican en las celdas del programa, esta herramienta permite encontrar soluciones rápidas a problemas de programación lineal, por otra parte,

arroja el informe de soluciones óptimas y el análisis de sensibilidad.

- GENERAL ALGEBRAIC MODELING SYSTEM: GAMS, se desarrolló para que los economistas, tuviese al alcance una herramienta fácil y versátil con la cual pudiesen resolver problemas de optimización, bien sea programación no lineal, entera o lineal, ha sufrido cambios y se ha desarrollado a lo largo del tiempo y es especialmente útil cuando se tienen problemas complejos de programación, la ventaja es que no es necesario preocuparse por el método de resolución de la modelización, porque el modelizador, solo tiene que ocuparse de modelizar y tiene mayor tiempo en el análisis de los resultados, por otra parte, el lenguaje que se utiliza es fácilmente entendible para otros modelizadores.

1.2.5 Mejora continua.

El concepto de mejora continua, tiene origen japonés, se trata de una filosofía que adopta la organización con el fin de lograr ventajas competitivas a través de cambios continuos y constantes dentro de los procesos, no solo desde el punto de vista de producción, sino también administrativo, con el objetivo de lograr la calidad total. Alarcón (2017), indica que esta filosofía, es fundamental para la mejorar permanente de los procesos y se debe llevar a cabo con una disciplina estricta en las áreas de

productividad, calidad, costos, tiempos de producción, indicadores de gestión, como la satisfacción del cliente, entre otras.

La razón de que las empresas deben mantener un proceso de mejora continua, se debe a la cultura competitiva que existe en el mercado, donde a mayor competencia y nuevas exigencias de los clientes, las empresas deben mantenerse en constante cambio y crecimiento, evaluando sus fortalezas y debilidades para superar los nuevos obstáculos que se encuentran en el exterior e interior de la empresa y seguir siendo competitiva dentro del mercado donde se desarrolla, este proceso, se debe llevar de manera progresiva, para poder lograr mantener la sinergia entre el proceso productivo y las personas que llevan a cabo la producción, de esta manera se obtienen resultados eficaces y eficientes (Villavicencio et al., 2017).

Además de esto, la mejora continua debe ejecutarse desde la administración y la dirección de la empresa, no porque los empleados no sean capaces de ejercer funciones de liderazgo o de hacer cumplir los cambios necesarios para que la organización aumente la productividad y la calidad, sino porque, es desde la alta administración donde se ejecutan y se tienen los recursos para realizar los cambios y las directrices que deben ser ejecutadas, asignando los cambios a quienes correspondan dentro de la organización, sin dejar de lado las opiniones de los trabajadores (K. A. Ramírez & Álvaro, 2017).

Como se puede observar, la mejora continua, no solo es un método que se aplica a la empresa, esta sugiere un estilo de vida, donde la meta es ser mejor cada día, donde las mejoras no pueden ejecutarse de manera accidental o aisladas, sino que requieren constancia, sistematización de los procesos, estrategias bien definidas, por lo cual, se requiere disciplina, y perseverancia, esto es lo que da la continuidad de la mejora y el éxito empresarial (Erazo Calvopiña & Salguero Barba, 2021). (Ver Figura 2).

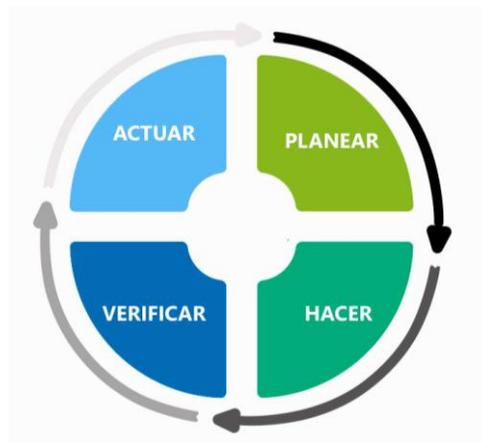


Figura 2. Mejora Continua.

Fuente: <https://procemconsultores.com/que-es-la-mejora-continua/>

Existen varios métodos de mejora continua que se pueden aplicar en las organizaciones, entre las cuales se conocen el Ciclo de Mejora de Deming, desarrollado por Edwad Deming entre los años 1986 y 1989, este consta de cuatro pasos y se conoce como el ciclo

PDCA (por sus siglas en inglés) o PHVA, las cuales se definen como Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, al ejecutarse y evaluarse constantemente los planes de mejora de la organización, esta se mantiene en constante movimiento, evaluando los nuevos resultados del plan ejecutado. Montesinos, et al. (2020)

El otro modelo conocido para mejora continua organizacional, se tiene el Self Lead Team o Modelo de Equipo Autónomo, el cual, se basa en equipos autodirigidos, es decir, cada equipo de trabajo se encarga de gestionar su parte dentro del proceso productivo, sea cual sea su área, ejemplo, producción, mantenimiento, administración, calidad, entre otras, con el objetivo de agilizar y simplificar las acciones de la empresa para lograr la mejora continua (Ver Figura 3).



Figura 3. Mejora continua organizacional.

Fuente: <https://www.redalyc.org/journal/6219/621968458007/html/>

- **Modelos avanzados de Mejora Continua**

- Modelo de Madurez de Capacidad Integrada (CMMI)

A nivel internacional, este modelo de estándar de calidad, es el más utilizado por las empresas que desarrollan software, esto no implica que sea el único uso del modelo, ya que contemplan dos vías para aplicar la mejora de los procesos y la evaluación de los mismos, una de estas vías es la mejora escalonada y la otra la mejora continua, su utilidad viene del uso de representaciones, donde la representación escalonada se enfoca en un conjunto de áreas del proceso definidas para buscar una solución de la mejora a la organización, mientras que la representación continua escoge una o varias áreas del proceso que tengan relación directa y mejorar un proceso delimitado. Tener estas dos opciones de mejora continua del proceso es la ventaja del modelo, porque brinda opciones para llegar a un estado de mejora superior del proceso (Pérez-Mergarejo et al., 2014).

- Mejora Continua de Procesos (CPI).

Es un sinónimo que se utiliza para la mejora continua, ambos términos se enfocan en describir cuales son los esfuerzos que han de realizar las organizaciones, para poder llevar a cabo el aumento de las ganancias y la fidelización de los clientes, mediante el

mejoramiento de la calidad de los productos y esta se logra a través del análisis crítico de los procesos y de cómo se puede mejorar eficazmente la producción, donde no solo se debe tomar en cuenta la tecnología dura de la producción, sino también la tecnología blanda, como lo es el recurso humano, porque en muchas ocasiones el proceso de mejora continua lleva la empresa a la automatización de los mismos y esto requiere la capacitación del personal y tomar en cuenta los aspectos psicológicos de los mismos, por otra parte, es necesario que la empresa si realmente quiere medir el crecimiento, debe llevar indicadores, que serían la herramienta más efectiva de medir el progreso en términos, de productividad, eficacia, eficiencia, entre otros, para sí obtener un escaneo real de la situación empresarial y si las mejoras aplicadas llegan a cumplir las metas planteadas (Portero-Poveda et al., 2022).

- Benchmarking:

Es una herramienta de mejora continua, que se basa en la comparación de empresas a través de las prácticas que ellas realizan, con el propósito de mejorarla, es decir, es un proceso de evaluación continua, donde se examina la manera en que la empresa competidora, realiza los productos, los servicios y los procesos, para extrapolarlos a la organización que hace el estudio. Se puede decir que existen dos tipos de benchmarking, el primero es un benchmarking interno y se lleva a cabo cuando la empresa

quiere mejorar sus prácticas, solamente dentro de sus límites, en este sentido, se comparan los parámetros entre las distintas ubicaciones que tiene la organización, el objetivo es aprender de los mejores, donde los puntos difíciles son solventados gracias a las buenas prácticas de los empleados. En cuanto al benchmarking externo este se puede dividir en tres: está el externo funcional, donde la comparación no es exactamente con una organización que realice el mismo producto que la empresa que está haciendo el estudio, allí, se comparan los estándares de interés, para identificar las maneras más exitosas de llevar a cabo el proceso a la empresa que hace el estudio, seguidamente se tiene uno de los más comunes, que es el benchmarking competitivo, como su nombre lo indica la comparación se hace con los estándares organizacionales de la empresa competidora, la complicación de este tipo de estudio, es que las empresas competidoras no van a revelar las ventajas competitivas, por último, se tiene el benchmarking genérico donde los estándares que se comparan, no necesariamente son de una organización que esté cercana, puede ser estándares de una empresa que se ubique en cualquier parte del mundo, en este sentido, la comparación es en base a las funciones o los procesos que tengan afinidad en el sector al que pertenece la empresa (Veliz et al., 2021).

En relación a como las empresas utilizan el benchmarking, en su mayoría, llevan a cabo procesos internos de evaluación, son pocas las que logran obtener datos importantes para realizar su

benchmarking competitivo, cuando mucho, lo que logran es conocer qué tipo de tecnologías, software, módulos de capacitación de personal, para poder igualarse competitivamente, más no son datos que puedan entrar en una comparación cuantitativa de las empresas, más sin embargo, si utilizan mucho el benchmarking interno, comparando departamentos similares y con actividades similares, pudiendo mejorar los procesos en cada una de ellas (Chavez Manayalle & Fernandez Coronel, 2023).

1.2.6 Ingeniería de métodos.

De acuerdo a García, R. (2005), la ingeniería de métodos es la técnica que se encarga del incremento de la productividad, mediante la eliminación de los desperdicios no solo de materiales, sino de tiempo y esfuerzo de la mano de obra, haciendo más lucrativa y fácil las tareas de la línea de producción, aumentando así la calidad de los productos elaborados por la organización, llegando a más clientes y consumidores.

La definición de Freivalds, A. y Nieble, B. (2014), consiste en definir la ingeniería de métodos en dos tiempos, donde el primero indica que el ingeniero de métodos es el responsable directo tanto del diseño como de los centros de trabajo, donde se lleva a cabo la fabricación del producto; en cuanto al segundo tiempo, hace referencia al estudio continuo de estos centros de trabajo con la

finalidad de encontrar el método que mejore la calidad y facilite la elaboración del producto.

De acuerdo a la ingeniería de métodos, mejorar la productividad no es un proceso con final determinado, es decir, esta es continua debido a que los ingenieros siempre encontraran una mejor forma de llevar a cabo el proceso; existe una ventaja competitiva de los países desarrollados versus los países en desarrollo, donde se lleva a cabo, mejores avances en la investigación y desarrollo, de allí, salen nuevas tecnologías, que dan mayores ventajas competitivas a quienes puedan acceder a ellas, en este sentido, la investigación y desarrollo es parte fundamental para la ingeniería de método (Freivalds, 2014).

Lo importante de la ingeniería de métodos y para que esta resulte como se espera, es que se debe realizar una revisión sistemática de cada una de las unidades operativas y no solo aquellas que están involucradas directamente con el producto, sino aquellas actividades indirectas de la producción, esta revisión permitirá incluso mejorar la calidad de la salud y seguridad de los trabajadores, al mitigar las posibles actividades de riesgo dentro de la línea.

Para Alfonso, F. (2007), la ingeniería de métodos se trata de una técnica que somete todas y cada una de las tareas de un proceso a un análisis minucioso, que tiene como objetivo eliminar todas las actividades que no sumen valor al proceso, es decir, elimina todas

las tareas innecesarias, y aquellas tareas que son realmente importantes, se evalúan con la intención de encontrar una manera de realizarlas en menor tiempo y sumando calidad al producto y así llevarlas a ejecución. Luego de eliminadas las tareas innecesarias y de encontrar la mejor manera de realizar las necesarias, estas se llevan a normalizar, mediante el análisis del tiempo que requiere el personal para llevar a cabo las tareas.

1.2.7 Ergonomía.

De acuerdo al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (2024), se puede definir ergonomía como la ciencia de carácter multidisciplinario, que se aplica en los diferentes escenarios a los que se expone el hombre cotidianamente, es decir, esta sirve para diseñar y adecuar los diferentes productos, entornos laborales, sistemas, entre otros, a las necesidades del ser humano, con el objetivo de mejorar la seguridad y bienestar del usuario, optimizando así la eficacia del mismo.

A pesar de que el término ergonomía se afianza a finales del siglo XIX, no es hasta el siglo XX a mediados de los 40, en que se comienza a tomar la ergonomía como una ciencia, en este aspecto se involucra la revolución industrial, la cual, en el afán de aumentar la productividad de las líneas de producción, empieza a evaluar los puestos de trabajo realizando análisis de las herramientas utilizadas y los movimientos que realiza la mano de obra, para llevar a cabo el trabajo, estos análisis lograron hacer que los puestos de trabajo

fuesen menos complejos, más fáciles, con menos cansancio, sin embargo, para la época el hombre era el que se adaptaba a la máquina, por lo cual, en ese momento se generaban incontables enfermedades laborales y muchas de ellas causaron diferentes patologías a los trabajadores. INSST (2024)

Aunado a esto, el INSST (2024), explica que el carácter multidisciplinario de la ergonomía, se debe a que, de todas las ciencias, la ergonomía debe tomar en cuenta otras ciencias que permite mejorar, por ejemplo, un puesto de trabajo, para ello, se debe evaluar la anatomía, la psicología, la ingeniería, incluso la fisiología, entre otras ramas involucradas, para asegurar que el puesto de trabajo no sea causante de alguna enfermedad laboral a corto, largo o mediano plazo, considerando que el ser humano pasa más de la mitad de su vida en el puesto de trabajo. En vista de esto, de la cantidad de factores y variables que debe estudiar la ergonomía para poder diseñar adecuadamente un puesto de trabajo, se expone a continuación una clasificación simplificada de las áreas de la ergonomía.

- **Cognitiva:** relacionada con las necesidades psicológicas del trabajador, como, por ejemplo, la interacción entre el sistema y el trabajador, las interacciones extra personales, manejo del estrés.
- **Física:** tiene relación con las medidas antropométricas del trabajador, además de incluir el mobiliario del puesto de trabajo,

como, por ejemplo, la silla a utilizar las dimensiones del escritorio, herramientas entre otros.

- **Ambiental:** en el área ambiental la ergonomía evalúa y estudia el nivel de luminosidad, las vibraciones del área de trabajo, el ruido, tiene relación con la higiene ambiental, la diferencia entre ambas, es que en la higiene ambiental se evalúan las enfermedades ocasionadas por el puesto de trabajo.
- **Organizacional:** en esta área la ergonomía se centra en la relación que tiene el trabajador con su puesto de trabajo, las actividades que realiza, relación con los compañeros de trabajo, la comunicación dentro de la organización, el salario, tiempos de descanso, entre otros aspectos relacionados (Ver Figura 4).

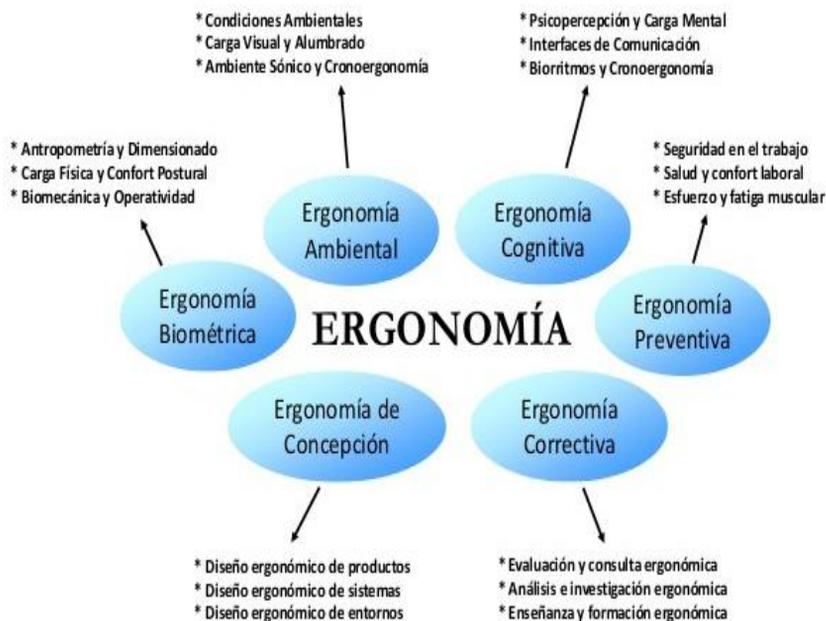


Figura 4. Tipos de ergonomía.

Fuente: <https://www.alvarocampoojeda.net/417537355.html>

Aunque estas tres clasificaciones de la ergonomía, abarca todas las áreas en las que se puede desarrollar un trabajador dentro de una organización, existe una cuarta clasificación, esta se denomina ergonomía específica, esta se relaciona al entorno laboral de una persona con necesidades especiales o una discapacidad, considerando que dependiendo de la discapacidad se deber realizar adaptaciones específicas para el trabajador, teniendo en cuenta que todas las personas tienen el mismo derecho de desarrollarse como

individuos y el trabajo es uno de los ámbitos con mayores complicaciones para las personas con discapacidad, por el hecho de que se dificulta la adaptación del puesto de trabajo a la condición del personal con discapacidad (INSST, 2024).

1.2.8 Logística.

De acuerdo con la investigación de García, J. (2020), la logística se enfoca en la gestión y organización de la información y materiales que permitan cumplir con las necesidades de los clientes. Este mismo autor establece, que la logística es una función, que se encarga de hacer llegar al cliente un producto con la calidad requerida, en el momento correcto a un mínimo costo, a pesar de su importancia en la gestión de la información y de los materiales, la logística en sí no agrega valor al producto, más sí se encarga por medio de un flujo pertinente de la información y entrega a tiempo de los materiales, disminuir el costo del producto.

En otro orden de ideas, Bautista, J. (2017), indica que el nombre adecuado para la logística debería ser, gestión de la distribución física, teniendo en cuenta que se encarga de la gestión de stocks, almacenamiento, acondicionamiento, el transporte, además de hacer que se cumpla el flujo de movimiento de los productos terminados hasta el consumidor final, aunado a esto, la logística tiene como finalidad aumentar la eficiencia del sistema de producción.

El mismo autor enlista una serie de actividades de las cuales se encarga la logística, entre esas actividades se menciona:

- Gestionar los pedidos realizados por los clientes.
- Gestionar el inventario de productos terminados.
- Organizar el transporte de la organización a los almacenes.
- Programar la producción.
- Gestionar los inventarios de materia prima.
- Aprovisionar la materia prima a la línea de producción.
- Organiza el transporte de los productos semi-procesados.
- Embalaje y acondicionamiento del producto terminado.
- Control del proceso productivo.

En una organización, deben manejarse cuatro tipos de logísticas, estas se conocen como de aprovisionamiento, interna, distribución y la inversa, dependiendo de la relación que tenga la organización con los proveedores, los clientes y el tipo de producto, una de ellas será la más relevante, en este sentido, si la empresa por ejemplo es una ensambladora, es decir, depende de los proveedores para realizar sus productos, la logística con mayor peso para ellos será la de aprovisionamiento, entendiendo que no puede quedarse sin piezas para trabajar, si por el contrario la empresa requiere pocas materias primas para una variedad de productos terminados, la logística que mejor deben manejar es la de distribución, en relación a la logística inversa, trabaja desde el cliente, quien da los materiales y la información a la empresa, para que la empresa se

encargue de gestionar lo que hará con el producto, finalmente la logística interna, como su nombre lo indica, es la que se encarga del manejo de los materiales y la información, sin requerir salir de las instalaciones de la organización (Garcia, 2020).

- Gestión Logística Avanzada
 - Logística inversa: esta se ocupa de la recuperación del material de embalaje, residuos peligrosos, reciclaje de envases, devoluciones realizadas por el cliente, inventarios estacionales, productos obsoletos, es decir, se encarga de la administración, reducción y procesamiento de todos lo que ocurra después que el producto ha sido elaborado y puesto en manos del cliente, surge debido a una nueva oportunidad de reducir costos en la organización, siendo una fuente de oportunidades que benefician tanto a la empresa como al medio ambiente, entendiendo que parte de su trabajo es la reducción de residuos generados por los empaques y embalajes, pudiendo generar beneficios económicos para la organización y evitar multas por incumplimiento de la legislación medioambiental (Restrepo, 2020).
 - Green logistics: la logística verde, es un concepto reciente y nace de la necesidad de incorporar el componente ambiental dentro de las organizaciones, para así, generar un valor agregado que comprometa a la empresa a reducir el impacto ambiental. Si bien es cierto que la globalización y la

industrialización subsisten gracias a una sociedad capitalista y consumista, la empresa requiere de actividades económicas y productivas que sean progresistas, esto ha generado una cantidad de contaminación y residuos, lo cual, ha puesto en riesgo la calidad de vida del ser humano como se conoce hasta la actualidad. Como todos sabemos, el cambio climático ha ido destruyendo el entorno y dejando a las generaciones futuras consecuencias graves, de lo que actualmente se está haciendo, la importancia de la logística verde dentro de las organizaciones, es utilizarla como una herramienta que genere valor para lograr una economía sustentable, sostenible y amigable con el medio ambiente. Su enfoque radica en la disminución máxima, de cada uno de los residuos que se generan en la línea de producción, y que se dispongan adecuadamente para tener un equilibrio entre la actividad económica que ejerce el hombre sobre los recursos naturales y la preservación de los mismos. El objetivo más importante de la logística verde, es la innovación, en cuanto a los equipos utilizados, el tipo de iluminación, los materiales con que se cuentan para el embalaje, ya que, cada uno de estos debe estar conectado directamente con el medio ambiente; al aplicar adecuadamente esta herramienta, la empresa puede lograr una mejor imagen haciendo de la logística verde un competente organizacional, mucho más efectivo que reta a

sus competidores y así preservar los recursos medioambientales (Suarez & Giraldo, 2020).

- Gestión de la cadena de suministro global: la cadena de suministro global, nace en la búsqueda del hombre de mejorar la eficiencia de los procesos productivos y trata de una red comercial que traspasa las fronteras, de productores, de información, de recursos, implicados tanto en la producción y el transporte de bienes, ya sean para productos finales o productos intermedios. Su crecimiento se da gracias a la disminución de barreras internacionales, como, por ejemplo, mejoras en las políticas internacionales de comercio mundial, la disminución de los aranceles, la disminución de barreras no comerciales, una evolución rápida en la tecnología de comunicación e información, lo cual, ha permitido que las empresas sean el resultado de una cadena de suministro que abarca mercados altamente especializados y fuera de los de las fronteras nacionales. La integración que tengan los mercados en las cadenas de suministro global, va a depender de la función de los costos de producción, el usuario final, las políticas internacionales, entre otras, la ventaja de una cadena de suministro global, se ve reflejada en la variación de los costos salariales, los costos de transportes o los acuerdos comerciales que puedan tenerse entre un país y otro, sin embargo, esto ha creado una crisis económica mundial, debido a que alimenta

las desigualdades económicas entre un país y otro, por otra parte, la pandemia causada por el COVID 19, planteó una reestructuración de la cadena de suministro global, dónde lo que se podía plantear a los empresarios y fabricantes de todo el mundo era mejorar las estrategias de abastecimiento.

- Tecnologías en logística
 - Sistemas de gestión de almacenes (WMS): el sistema de gestión de almacenes conocido como Warehouse Management System, es un sistema de control de inventario que permite mantener un control exacto y en tiempo actualizado todas las operaciones del sistema de almacenes, sus múltiples beneficios como la mejora en los niveles de servicio, la exactitud en el control del inventario, la optimización del espacio del almacén de manera más eficiente, el uso adecuado de los equipos de trabajo, la ejecución y la programación de las tareas de la mano de obra para cualquier operación, el adecuado acceso y la protección de la materia prima o productos ya elaborados, además, de la reducción de los costos de operación y la disminución de los errores en cualquier fase del proceso, además, de que permite tomar decisiones de manera ágil y con fundamentos, evitando así la pérdida de materia prima y de

productos por vencimiento, hace que se incremente la productividad. Por otra parte, permite maximizar la capacidad de los almacenes y los centros de distribución, son las características que hacen que la empresa opte por un programa WMS, para lograr bajar los niveles de inventario, aumentar la productividad y así disminuir los tiempos de atención a los pedidos de los clientes. Existen muchos casos de éxito, donde las empresas luego de implementar una WMS han logrado el incremento de sus ventas en un 50%, una entrega perfecta a clientes de un 95% y la capacidad total de centro de distribuciones han aumentado en un 25%, de allí, radica la importancia de un sistema de gestión utilizando este tipo de tecnología, que, aunque en sus inicios era una tecnología muy costosa, hoy en día todas las empresas, pequeñas y medianas empresas, pueden acceder a este tipo de tecnología (Silva García, 2018).

- Sistemas de gestión de transporte (TMS): el sistema de gestión de transporte, brinda soporte a diferentes procesos, como por ejemplo, el seguimiento de la ejecución de los movimientos físicos de la mercancía a lo largo de la cadena de suministro, la planificación del transporte, a través de un sistema de información que le permite almacenar, procesar y recoger, además de distribuir la información relacionada con todas las operaciones del transporte de la mercancía de la organización; considera todos los elementos involucrados

en la empresa, tanto los técnicos, como la mano de obra para llevar con sus diferentes combinaciones modales, ya sea el transporte marítimo, terrestre o aéreo o las combinaciones territoriales, evaluando las rutas nacionales e internacionales, para así optimizar las rutas y los recursos, además de los trámites contractuales y administrativos, evalúa también la conciliación del pago a los transportistas. Dentro de las funciones del sistema de gestión de transporte, se tiene, la toma de decisiones y la planificación para llevar un control y una prevención de las contingencias, es un sistema productivo que lleva un seguimiento, la medición, la comunicación externa e interna, además de coordinar todos los procesos del sistema de transporte de una organización.

- Drones en la logística: pueden llegar a ser muy útiles en el proceso de vigilancia de la infraestructura de la empresa, teniendo en cuenta que estos equipos vienen equipados con cámaras, ayudando así a mantener activo el sistema de vigilancia dentro de la empresa, evitando los robos, por otra parte, se pueden utilizar como control de equipos de difícil acceso o de rápido acceso debido a las alturas, incluso pueden servir de apoyo al departamento de mantenimiento, si se utilizan para evaluar el estado de equipos que estén fuera del alcance. Por otro lado, pueden ayudar a evaluar terrenos donde se quiera realizar una expansión de la

empresa o instalar una nueva, dentro de la empresa pueden ser de utilidad en el transporte de herramientas y materiales que no excedan el peso permitido por el equipo, en relación a la distribución, los drones pueden ser de utilidad en la entrega de productos, siendo de mucha utilidad en ciudades con alta congestión vehicular. De hecho, muchas empresas del área de salud, están utilizando este tipo de vehículos para la entrega de equipos médicos, medicinas, entre otros, otras empresas de encomiendas también utilizan los dispositivos, para el traslado de mercancía en sitios remotos, esto ha permitido mejorar la salud y seguridad de los trabajadores en casos de que tengan que arriesgar su salud y su vida.

1.2.9 *Investigación de operaciones.*

En 1939, fue la primera vez que se utilizó el término de investigación operativa, desarrollándose durante la Segunda Guerra Mundial, sin embargo, su origen se remonta a unos cuantos años antes de la Primera Revolución Industrial, en este periodo fue donde se encontraron los primeros problemas que fueron resueltos con la Investigación de Operaciones, pero no es hasta los años 50, finalizada la Segunda Guerra Mundial, que aparecen libros y textos de la investigación de operaciones, los cuales fueron aplicados, casi inmediatamente por la organizaciones, no solo industriales, sino

gubernamentales y académicas, siendo Gran Bretaña y Estados Unidos los primeros en utilizarlas (Navarrete Pérez, 2013).

Aunque no existe una definición que englobe todos los aspectos que abarque la definición de Investigación de Operaciones, en su libro Navarrete, F. (2013) cita a Russell Ackoff y a Maurice Sasiene (1987), donde indican que es la ciencia que aplica el método científico, en equipos interdisciplinarios, para resolver problemas que depende de la interacción de hombre – máquina, con lo cual se dan respuestas que ayuden a toda la organización.

De acuerdo con Hillier, (2015), se pueden encontrar registros del nacimiento de la investigación de operaciones desde la Segunda Guerra Mundial, donde era necesario y urgente administrar los recursos que en sí eran escasos, para poder realizar las diferentes maniobras militares, haciendo que estas fuesen eficaces para el escenario en que se estaba desarrollando, las estrategias y las tácticas que utilizaron los primeros investigadores de la Investigación de Operaciones, ayudaron a lograr el triunfo de Gran Bretaña, a partir de este acontecimiento histórico, la investigación de operaciones fue llevada a otros planos, donde se desarrolló con rapidez y dando excelentes resultados en las organizaciones industriales.

La principal característica de la Investigación de Operaciones se enfoca en que es un modelo matemático, que origina una solución matemática para tomar una decisión en un problema determinado,

sin embargo, es necesario tomar en cuenta algunos factores no cuantificables o intangibles como el comportamiento humano, para así tener una decisión definitiva (Taha, 2004).

Una investigación llevada a cabo por la investigación de operaciones lleva las siguientes fases, de acuerdo a Hillier, (2015):

- Definir el problema, recopilando los datos de mayor importancia.
- Selección del modelo matemático que represente mejor el problema planteado.
- Desarrollar el procedimiento en un procesador de datos, para obtener una solución del problema, es decir, el modelo.
- Llevar el modelo a prueba y realizar las mejoras requeridas.
- Se prepara la aplicación del modelo aprobado por la administración
- Ejecución o implementación

Una vez que se lleva a cabo la solución y este cumple con las expectativas esperadas, es importante que el equipo de investigación de operaciones, documente todos los pasos que ejecutaron con la mayor claridad y precisión posible, esto con el objetivo de que el proceso pueda replicarse (Hillier, 2015).

1.3 Áreas de la Ingeniería Industrial

1.3.1 *Gestión de la producción.*

Son todas las herramientas administrativas, con las cuales, se logra maximizar los niveles de producción en una empresa, es decir, la gestión de la producción se basa en la planificación, ejecución y control desde todos los ángulos posibles para así obtener un producto de calidad, lo cual requiere que se tomen decisiones tácticas, estratégicas de planeación y control, con el objetivo principal de satisfacer las necesidades de los clientes y que estas gestiones sean rentables para la empresa (Vilcarromero, 2013).

Para poder lograr estos objetivos, de satisfacer las necesidades de los clientes y que la empresa sea rentable, la gestión de operaciones debe asegurar que la programación de los recursos y la mano de obra no falte una vez que se inicia el proceso productivo, de lo contrario se genera un exceso no programado de gatos. Ídem

1.3.2 *Gestión de la calidad.*

Para Ujueta, C. (2018) la gestión de la calidad se refiere a las estrategias que aplica cada empresa con la finalidad de llevar a cabo todas las actividades y procesos que ayuden a maximizar la calidad de los productos o servicios que ofrece, sin importar si estos son de necesidades básicas o productos de categoría superior, además de esto, estas estrategias deben ser aplicadas sin importar el tamaño de la empresa, la región en la que se encuentre e incluso sin

importar que las operaciones dentro de la empresa sean totalmente automatizadas, semi automatizadas o artesanales, lo que importa es la aplicación de las estrategias, tomando en cuenta que de ellas dependerá muchas de las ventajas competitivas de la organización.

Por otra parte, se tiene al ente que rige la calidad a nivel internacional, la Organización Internacional de Normalización (ISO 9001), citado por Ujueta (2018), que la define como todas aquellas acciones que deben ser planificadas además de sistematizadas, obligatoriamente necesarias para poder generar confianza de que el servicio o producto, va a satisfacer los requerimientos que se tienen como calidad.

Manejar una adecuada gestión de la calidad permitirá alcanzar las siguientes ventajas, (Ujueta, 2018):

- Mejora las expectativas de los clientes.
- Se establecen métodos que maximizan el uso adecuado del tiempo.
- Mejora el uso de los recursos, como la materia prima, recursos financieros.
- Mejora la productividad de los trabajadores, teniendo en cuenta que se disminuyen los errores.
- Aumenta el compromiso de los trabajadores con la empresa.
- Se incrementa el número de clientes fieles.
- En general la empresa tiene un crecimiento total al aplicar un buen sistema de gestión.

1.3.3 *Gestión de la cadena de suministros.*

La gestión de la cadena de suministro, comprenden las estrategias necesarias para poder llevar a cabo la organización, el control y generar la suficiente motivación a todos los involucrados que participan en el flujo de recursos materiales y de servicios necesarios para llevar a cabo el proceso productivo, para lo cual se requiere una excelente relación entre los clientes y los proveedores, considerando que la cadena de suministros no depende solo de la transformación de la materia prima, sino también de los proveedores de esas materias primas y de la cadena de distribución del producto final (Nugent et al., 2019).

En este sentido, la gestión de la cadena de suministro, se puede simplificar como la unión de eslabones, donde cada uno aporta su participación y cada eslabón es relevante para poder colocar el precio con que sale el producto al consumidor final, ya que, cada una de las empresas y actividades implicadas en la cadena de suministros, aporta valor al producto final, para lograr un buen desempeño a lo largo del tiempo, es necesario contar con una excelente administración sistemática y una excelente estrategia de comunicación, esto solo se logra conociendo cada una de las etapas del proceso de la cadena de suministros y los involucrados en ella, para delimitar sus funciones y así optimizar el proceso, logrando satisfacer las necesidades de los clientes.

Por otra parte, aunque se entiende que cada una de las organizaciones inmersas en la cadena de suministros es importante, existe uno de los participantes que prevalece dentro de la misma y quizás se pueda decir que es el que menos se involucra en el proceso productivo, pero si establece las características del producto final, este eslabón viene a ser el cliente y la satisfacción que este encuentre con el producto que la organización le ofrece (Parra, 2016).

Este mismo autora menciona que es entendible que la cadena de suministros, se confundan con la logística, pero ambas tienen aspectos importantes dentro de la organización y están ligadas entre sí, debido a que la cadena de suministros busca la disminución de los costos de inventario, encontrando proveedores que distribuyan a tiempo y con la calidad adecuada la materia prima, mientras que la logística asegura que antes de que la línea de proceso inicie, se encuentren en planta todas los requerimientos, ambas trabajan en función de la satisfacción del consumidor, pero se encuentran bien delimitadas sus funciones.

Si una empresa quiere saber si su cadena de suministros está funcionando adecuadamente, solo debe revisar los índices de satisfacción del cliente, si la comunicación que se tiene con los proveedores es efectiva y eficiente, si hay mayor rentabilidad, si los costos de producción han disminuido, todos estos factores le

indicaran a la alta gerencia como está funcionando la cadena de suministro y si se lleva a cabo un adecuado seguimiento de la misma.

Otra parte importante que debe atender la cadena de suministros, es la relación que tienen los eslabones con el medio ambiente, en las últimas décadas las empresas, obviamente atendiendo el llamado de los clientes a productos medioambientalmente más amigables, han entendido que deben procurar menos impacto y transformar los procesos para que estos generen menos contaminación, incluso muchas empresas realizan aportes para las investigaciones que permitan minimizar la contaminación.

1.3.4 *Gestión de operaciones.*

La gestión de operaciones, es una herramienta que utilizan las empresas, con la cual puede tomar decisiones a partir de una base de datos cualitativa y cuantitativa, esta inicia con la investigación del proceso y se lleva a cabo de manera organizada la evaluación de cada una de las operaciones que se llevan a cabo en la organización, el objetivo de esta herramienta es sacar las ventajas competitivas del área de producción, además de eso, la gestión de operaciones hace énfasis en el servicio o producto que está entregando la empresa, de manera que estos lleguen al consumidor con la calidad adecuada (Tacuri & Ortega, 2021).

Lo que realmente hace la gestión de operaciones, es visualizar el futuro de la organización, entendiendo que estudia no solo la organización donde se lleva a cabo el estudio, sino que evalúa las características de los competidores más cercanos y los clientes actuales y potenciales, que se puedan captar con las nuevas estrategias de éxito, es decir, la gestión de operaciones, es la que se encarga de dar a la organización las ventajas competitivas y las oportunidades de crecimiento, al evaluar las características de los clientes y mantener la mejora continua frente a los competidores.

Es posible, de acuerdo a, Bueno, A., Jácome, J. (2021), decir que la gestión de operaciones puede considerarse el cerebro de la organización, ya que de ella depende el buen uso y gestión de los recursos de la empresa, para llevar a cabo la producción de un bien o servicio con la calidad que el cliente espera conseguir al precio adecuado. Por otra parte, para que la gestión de operaciones funcione adecuadamente, es necesario establecer indicadores, los cuales permiten la evaluación y el control de la empresa, permitiendo medir el crecimiento de la misma, estos indicadores, pueden evaluar el desempeño del recurso humano, el uso de los equipos, el costo de los materiales de producción, el volumen de producción en un determinado tiempo, entre otras.

1.3.5 Seguridad industrial.

Aunque no se tiene punto de inicio de definición, teniendo en cuenta que la historia de la misma no tiene una fecha de reconocimiento de especialidad como tal, se puede decir que el termino de seguridad industrial, es un poco subjetivo, ya que muchos aspectos de la seguridad industrial, se encuentran bajo la influencia de la naturaleza y de la percepción del ser humano, en muchos casos estos factores no se ven influenciados por las leyes de la física, lo único que se tiene realmente claro, es que la seguridad industrial, intenta minimizar los riesgos a los que se expone el ser humano en el área de trabajo (Araúz & Antonio, 2022).

Para este mismo autor, esta disminución de los factores de riesgo a los que se expone el hombre en su entorno de trabajo, se basa en acciones preventivas, que se fundan en acciones individuales e instintivas de preservación de la vida, se puede decir entonces, que a partir de estas acciones de preservación de la vida es que nace la seguridad industrial como especialidad.

En este sentido, es necesario realizar una identificación temprana de los problemas que puedan causar accidentes, así, se podrá prevenir dicho accidente; para ello, el equipo de seguridad industrial deberá realizar una investigación observando el puesto de trabajo, realizando encuestas a los trabajadores habituales del área, analizar los datos obtenidos, para finalmente entender y detectar el problema, dando las posibles soluciones para evitar el accidente, en

muchos de los casos, los accidentes no se pueden evitar, pero si prevenir, incluso disminuir la severidad de los daños causados por el puesto de trabajo, si al aplicar los correctivos, ocurren otros tipos de accidentes, entonces se debe repetir el procedimiento hasta encontrar la solución más viable para todos (Freivalds, 2014).

La importancia de la seguridad industrial, de acuerdo a Guerra, P. et al. (2021), radica en el hecho de que los accidentes laborales, pueden causar grandes daños para la organización donde ocurren, empezando por ser una causa de ausentismo laboral, bien sea por enfermedad, discapacidad temporal o ser causante de lesiones graves como discapacidad permanente y en algunos casos la muerte del trabajador, en cualquiera de los casos, la empresa corre el riesgo de la disminución de la productividad, además de poder ser sancionada gravemente por los entes gubernamentales de la región.

Teniendo en cuenta la premisa de que la seguridad industrial nace desde las acciones individuales de preservación de la vida, es importante para la misma realizar una evaluación de la personalidad de los trabajadores, considerando que no todas las personas reaccionan de igual manera a estímulos y factores de riesgo, en este sentido, es muy probable que en situaciones de riesgo laboral, una persona se vea tranquila y otras sean más temerosas, ansiosas o manifiesten un aumento de los niveles de estrés.

Este mismo autor indica que, de allí, radica la importancia de la evaluación psicológica en el ingreso del personal al área de trabajo,

con la finalidad de ubicar al trabajador en un puesto de trabajo donde no sea un riesgo para el mismo, como para sus compañeros o el ambiente organizacional.

1.4 Avances científicos y tecnológicos de la Ingeniería Industrial.

A pesar de que la pandemia del COVID-19, causó una caída del mercado a nivel mundial y desestabilizó la economía de todos los países, Business Research (2024), indica que esta catástrofe mundial, fue el impulso para la integración de la robótica industrial a las empresas, donde su objetivo principal es crear una interfaz que permita conectar la infraestructura actual, con todos los componentes de la línea de producción, la ventaja de esta integración es que los procesos repetitivos, las tareas peligrosas o tareas complejas pueden ser llevadas a cabo con precisión y eficacia por un robot.

Una de las tendencias en la robótica industrial, es lo que se conoce como el internet industrial de las cosas, donde lo que se busca es la conexión de los robots industriales mediante el uso de múltiples sensores a las máquinas y dispositivos de la línea de producción, permitiendo así el intercambio de datos y la comunicación en tiempo real, esto permitirá la optimización de los procesos de una manera más rápida y eficaz, considerando que el proceso de observación del proceso, la recopilación de los datos y el control de los intervalos de tiempo, temperatura, velocidad, entre otras variables que se puedan manejar en el proceso, pueden ser

corregidas inmediatamente por los sensores, esto no implica que el trabajo se realice solo, esto implica que debe haber una capacitación del personal que maneja la línea de manera remota y pueda establecer cambios en los controles de manera precisa, lo que se espera de esta tecnología industrial es que impulse nuevamente el mercado y haya un crecimiento generalizado.

Una de las áreas de la ingeniería industrial que, aunque no agrega valor al producto, si es vital para que el proceso se lleva a cabo en el tiempo determinado con los materiales adecuados, es la logística, porque al introducir procesos automatizados y robots dentro de los almacenes, se puede aumentar la eficacia de los mismos, logrando así que la entrega de productos terminados y la entrega de materia prima sea mucho más eficaz con una mayor velocidad y sin errores, aunque no se ha logrado que trabajen solo y apoyan al personal humano en tareas que son repetitivas y con mucho desgaste para la mano de obra humana (Cepeda, 2024).

Una de las ventajas de esta colaboración entre humanos y robots de acuerdo a Cepeda, A. (2024), es que aumenta la seguridad laboral de los trabajadores, entendiendo que son estos quienes se encarga de las tareas repetitivas, esfuerzos de sobrecarga, además de que aumenta la velocidad y la eficacia de los procesos, debido a que mantienen el inventario actualizado, además de que con el apoyo de los drones de entrega y los camiones autónomos, se puede

realizar el transporte de materiales en rutas predefinidas y sin el riesgo de accidentes, disminuyendo los costos de mano de obra.

Todas estas tecnologías, no siempre son bien recibidas, más cuando se trata del reemplazo de la mano de obra que, aunque no se quiera admitir, siempre incurre en errores, por una mano de obra que bien programada y con los algoritmos adecuados, puede llegar a realizar el trabajo en menos tiempo, sin desgaste, ni quejas, por otra parte, otra de las desventajas que trae la automatización, se refiere al costo inicial de la misma, no solo de la adquisición de los equipos, sensores, actualizaciones de software, sino también en la capacitación de la mano de obra, la cual debe ser calificada y con un alto conocimiento en robótica e informática, dando un desafío más que debe ser superado por la organización.

A pesar de que no es una tecnología reciente y que ya cuenta con 40 años dentro de la industria, la impresión 3D, ha demostrado que puede ser aplicable en cualquier organización, mostrando que puede presentar una mejor alternativa frente a las empresas tradicionales, ofreciendo mejoras competitivas, ofreciendo menores costos y nuevos modelos de negocio, una de las empresas con mayores éxitos en el uso de esta nueva tecnología es la empresa Mattel, que ha alcanzado grandes beneficios económicos (Bordianu Bolganschi, 2023).

Una de las ventajas competitivas de la impresión 3D, de acuerdo con este autor, es que no se requiere del uso de herramientas

especializadas para la fabricación de un producto, considerando que este modelo puede fabricar directamente desde la digitalización de la pieza, reduciendo así la mano de obra, las herramientas y en algunos casos, los espacios de producción, otra ventaja competitiva es que el proceso es flexible y se puede personalizar de manera rápida y fácil el diseño del cliente, además al ser un proceso flexible, es capaz de diseñar piezas que en una empresa convencional no es posible, ya que el diseño se imprime por capas, dando como resultado formas geométricas que se adapten a las necesidades del cliente.

Por otra parte, indica, Bordianu, D. (2023), una de las metas de cualquier empresa es la reducción del tiempo de fabricación, el cual, se traduce en dinero, con la impresión 3D esto es una meta cumplida, ya que la velocidad de producción se reduce de manera drástica dando ventajas competitivas a quienes manejen adecuadamente la tecnología, además de que se pueden fabricar prototipos y someterlos a pruebas en cuestión de horas, haciendo mucho más real la simulación de procesos y la optimización de los mismo, que de hecho con la impresión 3D, no se requiere optimización de los procesos.

Además de esto, la impresión 3D, ofrece una reducción de costo en cuanto al uso de materiales, entendiendo que utiliza solo lo requerido para el diseño programado y algunas de las tecnologías permiten utilizar material reciclado, favoreciendo al medio

ambiente, se tienen cifras de que el 95% del material desechado, puede ser reutilizado por la impresión 3D.

Actualmente, nos encontramos en la era de la digitalización de los datos, se indica que la revolución industrial se denomina, industria 4.0, la cual, se basa en la hiperconectividad de todas las tecnologías actuales y la cantidad de datos que podemos obtener de ellas y la manera en que esos datos pueden ser utilizados, sin embargo, aunque no es nuevo el término de industria 4.0, se sigue discutiendo si estamos en una extensión de las TIC o en una verdadera cuarta revolución industrial. Por otro lado, si se evalúa la profundidad de los cambios y la magnitud de los mismos, se puede asegurar que efectivamente estamos en la cuarta revolución industrial, más cuando se ha visto un crecimiento exponencial en el uso de las tecnologías como los robots, que cada día abarcan más campo en el sector industrial, como por ejemplo, en la informática, en el sector automotriz, en la industria química, entre otra, el problema de la industria 4.0 es el alto costo que deben destinar las empresas para poder incorporarlas a sus procesos productivos y no solo es la adquisición de la tecnología, también se debe capacitar a la mano de obra que utilizará este tipo de tecnología, sobre todo en países de América Latina, donde las empresas aun no alcanzan la capacidad monetaria para instalar este tipo de tecnología y las universidades deben agregar a los currículos este tipo de aprendizaje para poder optar a personal capacitado de la misma región, esta desigualdad tecnológica, está creando nuevamente una

brecha industrial entre los países desarrollados y los países en vías de desarrollo.

Dentro de la industria 4.0, se encuentra el internet de las cosas (IoT), que no es más que la interconexión de objetos, dispositivos y sistemas a una red global del internet, esta interconexión, permite obtener información en tiempo real, además del intercambio de datos de manera rápida y eficaz, generando un cambio significativo en cómo se ve la sociedad y la empresa actualmente, entre los cambios que se pueden observar con el internet de las cosas, se tienen, a nivel empresarial, el impacto económico se enfoca en la mejora y optimización de los procesos, ya que la automatización de los mismos permite aumentar la eficiencia y la eficacia del proceso productivo, disminuyendo los costos de producción a tener menos pérdida, en relación a la mano de obra, mejora la calidad de los puestos de trabajo y a la carga laboral, entendiendo que mucha de la tecnología está diseñada para realizar trabajos repetitivos, aumentando así la satisfacción laboral. En relación a las ciudades, cuando se integra la tecnología del internet de las cosas, se puede mejorar el uso de los recursos de la ciudad para mejorar el transporte público, los servicios, disminuyendo así la congestión del tráfico, mejora la seguridad en las ciudades porque todo estará en vigilancia, haciendo que los habitantes sientan mayor confianza en habitar una ciudad en particular. Respecto al sector de salud, la hiperconectividad puede tener acceso a los registros médicos de cada persona que asista a cualquier centro de salud, permitiendo

que los doctores puedan dar una atención personalizada a cada paciente al contar con un historial médico bien definido. En cuanto a la agricultura, el internet de las cosas, puede mejorar los cultivos y tener datos reales del momento en que un cultivo pueda requerir, riego, obteniendo a través de sensores especializado, datos del suelo, del clima y de las características del cultivo, mejorando así el uso del agua, de los sustratos y de la tierra, mejorando así la calidad de los cultivos y haciendo uso racional de los recursos naturales no renovables, respetando el medio ambiente. Sin embargo, todo esto requiere que el personal se capacite y oriente, esto no va a depender solo de que la tecnología llegue y sea mejor, depende del entendimiento de las personas a cómo usar este tipo de tecnología.

Otro avance científico y tecnológico que ha presentado la ingeniería industrial en los últimos años, es la inteligencia artificial (IA), la cual consiste en que las maquinas puedan imitar lo que hace el hombre, apoyada por las bases de datos y el “aprendizaje” automático, la inteligencia artificial se ha ganado un puesto en diferentes sectores de la industrias, son muchos los beneficios que se pueden obtener del manejo de la inteligencia artificial, como por ejemplo, la automatización de los procesos, el procesamiento de datos, la atención de clientes, toma de decisiones basada en algoritmos, mejora la seguridad en salud pública al predecir brotes de enfermedades, entre otros beneficios que se pueden obtener como la asistencia virtual, sin embargo, como es de esperarse, la inteligencia artificial tiene desafíos que enfrentar, entre los cuales se

mencionan, la responsabilidad ética y moral con que se utilice la información contenida en las bases de datos, al tener capacidad de utilizar libremente la información puede cometer errores a la hora de tomar decisiones, será necesario crear leyes que establezcan el uso correcto de la misma, por otro lado, se tiene el aumento de la tasa de desempleo, para lo cual, será necesario crear estrategias de capacitación en nuevas y mejores habilidades para mitigar el impacto en la mano de obra de la empresa (E. R. Ramírez, 2023).

Como se pudo observar a lo largo del capítulo se menciona que la ingeniería industrial, se encarga de todos los aspectos relacionados al manejo y desarrollo de cualquier organización, bien sea de elaboración de productos, hasta el manejo de servicios y atención al cliente, esto gracia a la gran versatilidad y el estudio de todos los componentes que intervienen en los procesos productivos.

Además de esto, no solo se encarga del proceso productivo de la empresa, sino que evalúa las relaciones que tiene la empresa, con las otras empresas que proveen de materiales a un proceso productivo en particular y la relación interna entre departamentos, con el único objetivo de brindar al consumidor final, un producto de óptima calidad, que cumpla con las especificaciones internacionales y que además tenga un costo razonable para el cliente.

Un aspecto importante que evalúa la ingeniería industrial y que se destaca como una especialidad aparte es la seguridad industrial,

que no solo estudia las condiciones de seguridad que pueda brindar un puesto de trabajo por sí solo, sino que va escalando en el estudio de la psicología de los trabajadores en determinados puestos de trabajo, estudiando la personalidad de cada uno de ellos, de manera que no sean causantes de accidentes laborales.

Por otra parte, las nuevas evidencias tecnológicas muestran que la ingeniería industrial no es estática, esta ha ido evolucionando a medida que transcurre el tiempo y cada día incrementa la curva de crecimiento a medida del cambio de los clientes y sus exigencias y a medida que crece el mundo tecnológico, considerando que nos encontramos en la era de la inmediatez.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS DE LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS

2.1 Introducción

Las ciencias biológicas, ha sido una de las ciencias con mayores discusiones sobre el comportamiento y estructura de su estudio, no por falta de diseño experimental, sino por la complejidad que trae consigo el objeto de estudio, el cual no es más que el estudio de la vida, teniendo en cuenta que a diferencia de la física, la matemática, que son ciencias exactas, el estudio de la vida implica otras variables difíciles de explicar, es decir, en proceso matemáticos los resultados son reflejo exacto de las variables estudiadas pero en biología, hay procesos que para la época eran muy difíciles de explicar, por ejemplo, ¿Cómo es que la hierba que come una vaca se transforma en leche? ¿Qué ocurre en medio de ese proceso? (Beltr et al., 2010).

Muchas fueron las interrogantes planteadas respecto a la vida y a su estudio, pero cuando se descubre la célula, se responde varias interrogantes y se establecen cuatro postulados, el primero de ellos indica que la célula es la unidad que conforma la estructura anatómica de todos los seres vivos, esto incluye a todos los ecosistemas del planeta. El segundo postulado de la teoría celular, establece que todas las funciones vitales se encuentran relacionadas con la actividad celular, donde las células funcionan de acuerdo a un plan único y que los procesos vitales son muy parecidos. El tercer postulado indica que los seres vivos con más varias células

funcionan gracias al resultado de la suma de las funciones celulares. Finalmente, el último postulado, indica que no existe la generación espontánea, es decir, que todas las células se forman de otra célula madre.

Según este mismo autor, todos estos preceptos y preguntas hasta concebir la biología como una ciencia, han hecho que esta evolucione, hasta lograr que la misma ciencia biológica se vea como lo es, con todas las interconexiones que tiene y lo interdependiente que es, es decir, que todas las partes que estudia la biología, por más que se crea que los ecosistemas son independientes y aislados, en realidad cada uno afecta al otro de una manera u otra. Prueba de esto, se basa en que son los biólogos quienes inserten el pensamiento sistemático, donde se muestra que los organismos vivos se encuentran integrados.

Considerando que las ciencias biológicas estudian todo lo relacionado con los organismos vivos y la interrelación con ellos, es lógico pensar que no es una ciencia aislada que trabaja por su cuenta para dar respuestas a las interrogantes, por ello, existe una serie de disciplinas que se enmarcan dentro de las ciencias biológicas, cómo la biología marina, la embriología, la genética, la zoología, entre otras disciplinas (Mayr, 2016).

El ser humano cuando quiere tener conocimiento de algo, tiene dos maneras de abordar el problema, uno de ellos se afianza en el conocimiento empírico, el cual se basa en el aprendizaje por lo cotidiano o espontaneo de un fenómeno, en este método no existe

una planificación, no se sigue una estructura, mientras que el segundo modelo de investigación, si lleva una secuencia y una planificación de lo que se quiere hacer, este método es más riguroso, además está sujeto a cuatro postulados que permite llevar una secuencia de la investigación, estos son: la observación del fenómeno de estudio, la formulación de hipótesis que indiquen lo que se espera del estudio, la experimentación de como ocurre el fenómeno y por último, concluir en base a la aceptación o rechazo de la hipótesis, sin embargo, en el campo de las ciencias biológicas, se debe seguir tres pasos, el primero es seleccionar el organismo vivo que sea idóneo con el experimento, seguidamente se proyecta y ejecuta adecuadamente el proyecto y luego analizar y exponer los resultados tal cual se desarrollaron (Beltr et al., 2010).

En este capítulo, se darán a conocer algunos conceptos básicos sobre las ciencias biológicas, empezando con la definición de biología, a que se dedica, la importancia de la misma y su manera de estudiar los fenómenos naturales, seguidamente se evaluara el termino de célula, comprendiendo que es la unidad base de todo organismo vivo, teniendo en cuenta la importancia de la misma y las diferencias básicas entre las células eucariotas y procariotas, continuando con los conceptos básicos, se estudiará el ADN, quien es el responsable de transmitir la información genética de cada ser vivo, para luego evaluar los sistemas biológicos y la división que se han planteado los investigadores, para seguir con la definición de

biodiversidad, donde se expone la importancia de cada uno de los hábitats, para finalmente definir la evolución.

Una vez definidos los conceptos básicos sobre la biología, se podrá realizar una breve descripción de las áreas más relevantes sobre la biología, entre las que se mencionan, la biología celular, la genética, la microbiología, la botánica, la zoología y la ecología. Para finalmente, conocer los avances científicos y tecnológicos de las ciencias biológicas en los últimos años.

2.2 Conceptos básicos de Ciencias Biológicas

2.2.1 Biología.

Se conoce que la palabra biología, está compuesta por dos palabras que derivan del griego, al desglosarla como tal, *bio* significa vida, mientras que *logos*, significa estudio, en este sentido, biología, significa literalmente, el estudio de la vida. Actualmente, se puede decir, que la biología es la ciencia que se encarga de estudiar la vida, sin embargo, surge como ciencia entre los años 1800 y 1802, cuando algunos científicos determinaron que había una diferencia muy marcada entre los seres inanimados de las plantas y los animales, considerando que estos últimos tenían vida (Castro Echavez & Rosado Vega, 2020).

Actualmente, se puede indicar que la biología es la ciencia que, mediante la fundamentación experimental y teórica, ha podido sistematizar el conocimiento acerca de los eventos naturales y la

relación que tienen unos con otros, entre los eventos que estudia la biología, se encuentran la anatomía, fisiología de cada ser vivo y como interactúa este con el exterior.

La importancia de la biología según este mismo autor, radica en que al igual que otras ciencias naturales, se basa en métodos sistematizados, donde la observación detallada y minuciosa de algún fenómeno en particular, es registrado para luego ser razonado con lógica y llevado a la evaluación matemática con lo cual, se puedan obtener resultados que deben ser expuestos al escrutinio público, esto les da fiabilidad y confiabilidad a los resultados encontrados.

Una de las características importantes de la biología, es que nace de una condición muy humana, como lo es la curiosidad, además de que gran parte del estudio de los seres vivos, se ha dedicado a la prevención de enfermedades, por otra parte, considerando los cambios constantes de la vida tal como se conocía al principio y a que el estudio de los organismos no termina debido a la complejidad del mismo, se puede decir que, la biología se mantiene y mantendrá en constante movimiento (Castro Echavez & Rosado Vega, 2020)

Una de las cosas que no han cambiado sobre la biología se basa en la manera en cómo se lleva a cabo el proceso de los estudios de los fenómenos naturales, es decir, cada vez que se presenta un

nuevo sistema biológico para ser evaluado, este se lleva a cabo de la siguiente manera, de acuerdo al mismo autor:

- Primero, se realiza una observación crítica de fenómeno.
- Segundo, se realizan las preguntas o se identifica el problema que requiere resolución.
- Tercero, se exponen una serie de soluciones, denominadas hipótesis, que dan solución al fenómeno observado.
- Cuarto, se llevan a cabo las deducciones basadas en las hipótesis.
- Quinto, se realizan los experimentos que permitan aceptar o rechazar la hipótesis, considerando que los experimentos varían de acuerdo a problema planteado, es decir, puede alterarse una variable para evaluar el comportamiento del fenómeno o no haya ninguna alteración y el experimento sea solo de control.
- Sexto, se elaboran las conclusiones rechazando o aceptando la hipótesis planteada, para llegar al último paso.
- Séptimo, que es donde se plantea y se somete la investigación al escrutinio público, esto se realiza con el objetivo de que otros científicos puedan replicar la investigación y avalar o rechazar las conclusiones.

2.2.2 *Célula.*

La célula es la unidad básica y fundamental por la cual todo organismo vivo está compuesto, su característica fundamental radica en que la célula es una estructura autosuficiente y realiza funciones elementales en el cuerpo de cada ser vivo. Además de esto, la célula es la razón fundamental por la cual existe la biología, teniendo en cuenta que establece que todos los organismos vivos están compuestos de una o varias unidades celulares, en las cuales se llevan a cabo todas las reacciones químicas, en estas reacciones se incluyen los procesos que permiten liberar energía y aquellas reacciones biosintéticas, además, toda célula proviene de otras células, y estas contienen la información genética que han de ser transmitidas de un organismo a otro (Gagneten & Regaldo, 2021).

Los procesos importantes que se llevan a cabo dentro de las células, de acuerdo al mismo autor son los siguientes: la reproducción, el intercambio de fluidos con el medio que la rodea a través de la secreción, excreción y la absorción, el metabolismo, así como la homeostasis, además que las células responden a los estímulos del exterior, lo cual permite, evaluar si un organismo tiene frío, está deshidratado, entre otras respuestas.

Todas las células están compuestas de cuatro estructuras básicas, donde cada una cumple una función específica, se conocen como, la membrana plasmática, esta separa cada una de las células con el medio externo y las organiza, además de esto, permite el

intercambio de materia con su entorno, el citoplasma, el cual es una solución acuosa que mantiene en suspensión a los otros componentes de la célula y en él se llevan a cabo todas las reacciones metabólicas de la célula, ADN, este es el material genético que será transmitido de una célula madre a una célula hija y está conformado por ácidos nucleicos, finalmente se tienen los orgánulos subcelulares, que son estructuras que cumplen diferentes funciones dentro de la célula (Ver figura 5).

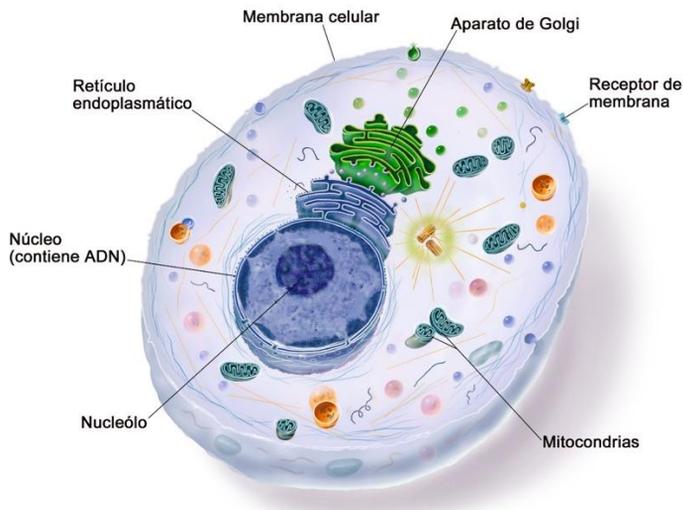


Figura 5. Partes de una célula

Fuente:

<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/celula>

Existen dos tipos de células, las que no tienen núcleo definido, conocidas como células procariotas y las células que tienen núcleo definido, conocidas como células eucariotas, estas a su vez se subdividen entre células vegetales y células animales, a continuación, en la siguiente tabla se muestran las diferencias entre las células procariotas y eucariotas. (Ver Figura 6, Tabla 1).

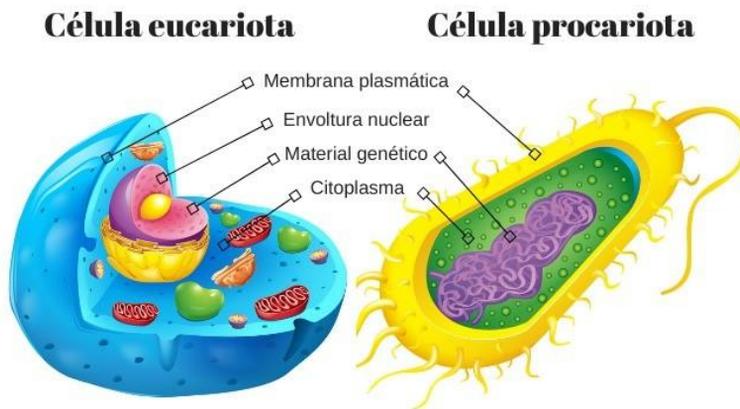


Figura 6. Tipos de células.

Fuente:

<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/celula>

Tabla 1: Diferencias entre las células procariotas y eucariotas.

| Células procariotas | Células eucariotas |
|--|---|
| Células pequeñas con una membrana única | Células grandes, con membrana externa y un sistema membranoso interno |
| Presenta un nucleoide | Dentro del núcleo se encuentra el ADN fragmentado en varios cromosomas lineales |
| No cuenta con cloroplastos, ni mitocondrias | Si cuenta con cloroplastos y mitocondrias |
| Tiene una pared celular | La pared celular puede o no estar presente |
| La división celular se realiza mediante la fisión binaria | La división celular puede ocurrir por meiosis o mitosis |

Fuente: Gagneten, A., et al (2015)

2.2.3 ADN.

El Ácido Desoxirribonucleico, conocido comúnmente como ADN, es un polímero que se encuentra en cloroplastos, cromosomas

y mitocondrias, este está unido a las proteínas básicas conocidas como histonas y está presente en cada célula nucleada, su función es transportar la información genética. El descubrimiento del ADN, sigue siendo uno de los avances de la biología con mayor repercusión en la historia, inicia en los años 1871 y se sigue estudiando en la actualidad (Mayr, 2016).

La estructura del ADN, fue motivo de una gran competencia científica para determinar la composición de la misma, la meta era ganar el premio Nobel, el descubrimiento de la estructura del ADN en 1953, por los científicos Francis Crick y James Watson (ganadores del premio Nobel), dio inicio a una de las ramas de la biología, que hoy en día se conoce como la biología molecular, además de que dio a conocer la molécula central de cada ser vivo y la manera en que ocurre la herencia genética. Ídem

De acuerdo con, Castro, F. y Rosado, J. (2020), Crick y Watson, al mostrar la estructura del ADN, resolvieron el misterio del diseño del ADN, agregando que este tenía una forma helicoidal, donde ambas cadenas se mantienen unidas gracias a los enlaces de hidrógenos con bases en cadenas que son opuestas, es decir, la adenina, forma dos enlaces con el hidrogeno y la timina, mientras que la guanina, forma tres enlaces de hidrogeno y la citosina.

Esta propuesta de doble hélice (Figura 7) trajo consigo una revolución en la biología como se conocía hasta la fecha, abriendo nuevas ramas a la ciencia y acelerando el desarrollo de la ingeniería

genética, además de conocer las alteraciones de algunas patologías, además de sumar cuestionamiento a la ciencia sobre el desarrollo del ser humano y la influencia del medio ambiente a las características biológica, la transmisión de genes entre otras interrogantes. En la figura que se muestra a continuación se puede observar los enlaces de emparejamiento definidas por Crick y Watson (Cortés, 2023).

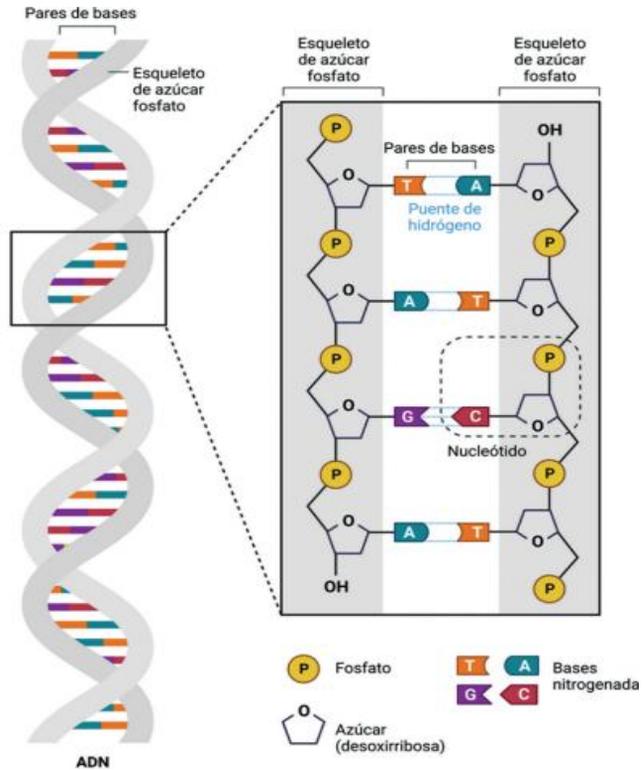


Figura 7. Estructura Molecular del ADN.

Fuente: Cortes, M. (2023).

2.2.4 Sistemas biológicos.

Un sistema biológico, es una organización compleja de moléculas que al combinarse dan origen a la célula, la cual, es la estructura base de la vida y como se mencionó anteriormente, esta es capaz de llevar funciones vitales para los seres vivos. En los humanos, las moléculas están formadas por varios elementos, pero los más relevantes son el oxígeno, el carbono, el nitrógeno y el hidrógeno, estos conforman el 96% de la masa de la célula, mientras

que el 4% restante lo integran, los siguientes elementos, sodio, magnesio, potasio, azufre, calcio, entre otros (Oukar Tatari, 2022).

La relación entre los sistemas biológicos y su medio externo e interno es bastante estrecha, entendiéndose que el medio externo del sistema proporciona los elementos necesarios para que la organización interna del sistema se mantenga estable, considerando que en el medio interno ocurren procesos químicos que mantienen vivo el sistema y este se conoce como metabolismo. Una de las características más relevantes de los sistemas biológicos es que tienen una capacidad de adaptarse a los cambios de la naturaleza, esto gracias a la capacidad de evolución, los cambios en la genética del individuo y de la población donde este se encuentre.

2.2.5 Biodiversidad.

Si se desglosa la palabra biodiversidad en sus dos componentes, bio, que significa vida y diversidad, que se entiende como variedad, se pudiera decir, que la biodiversidad se define como, la variedad de seres vivos que habitan la tierra, no solo desde una percepción biológica, sino también desde el punto de vista cultural (Ministerio del ambiente y desarrollo sustentable de Argentina, 2020).

Teniendo en cuenta que, desde el ámbito biológico, se refiere a las diferentes especies de plantas, animales, microorganismos, hongos, es decir, todo organismo que está conformado por células,

desde el ámbito cultural, se refiere a como el ser humano se relaciona con el medio ambiente que lo rodea, la importancia de la biodiversidad, radica en el hecho de que todos estamos interconectados de una manera u otra, motivo por el cual, se debe preservar cada uno de los ecosistemas, para garantizar la salud y la supervivencia de todas las diferentes especies que conforman el hábitat de la tierra, esta además decir, que la salud del ser humanos depende directamente de la salud de los ecosistemas.

Si bien es cierto que el deterioro de la biodiversidad es un problema mundial, de acuerdo con el Ministerio del ambiente y desarrollo sustentable de Argentina (2020), una de las regiones más afectadas por este problema, han sido las zonas subtropicales y las tropicales, donde el impactos de las acciones antrópicas, han tenido gran relevancia en el deterioro de la diversidad de las zonas y esto repercute directamente en la disminución del bienestar de las personas, hay investigaciones que apunta que el deterioro de la biodiversidad y el cambio climático, pueden estar relacionados con el riesgo de nuevas pandemias y el contagio de enfermedades infecciosas.

Según el Ministerio del ambiente y desarrollo sustentable de Argentina (2020), entre los riesgos que se pueden propiciar debido al cambio de la biodiversidad, se pueden encontrar los siguientes:

- Aumento de las enfermedades zoonóticas, debido al comercio de fauna silvestre, al cambio de los ecosistemas

para la construcción de áreas habitables para los humanos, incluso para el desarrollo agrícola.

- El cambio extremo de las condiciones climáticas, ha afectado mucho las temporadas de verano en muchos países, aumentando así, el riesgo de incendios forestales, trayendo como consecuencias que mucha de la fauna y flora que habitaba en un lugar determinado pueda quedar el peligro de extinción.
- La migración de especies de un lugar a otro, donde no son comunes, causa grandes problemas a la región donde por múltiples efectos deben llegar, aumentando el riesgo de destrucción de los habitats nativos, enfermedades infecciosas, entre otras. Incluso, el turismo y comercio entre países ha sido causa de transmisión de enfermedades entre humanos.

Debido a todas estas premisas y en vista de los antecedentes del año 2020, la Organización Mundial de la Salud, ha establecido un programa donde se enfoca en la importancia que tiene cada uno de los ecosistemas y la relación tan estrecha que existe entre todos, lo cual, es de vital importancia para la conservación de las especies, la salud de las especies y la sostenibilidad del mundo, mantener un adecuado equilibrio entre los ecosistemas que conforman la biodiversidad de las regiones, será la clave para poder conservar la salud, no solo del ser humanos, sino la salud de todo el planeta, esto incluye los recursos naturales como el agua, la calidad de la tierra.

(Ministerio del ambiente y desarrollo sustentable de Argentina, 2020).

2.2.6 *Evolución.*

De acuerdo a la Real Academia Española (2023), se define evolución como la acción y el efecto de evolucionar, en relación a la evolución biológica, la define como las series de transformaciones que son continuas y son experimentadas por la naturaleza y todos los seres que la componen, es decir, son los cambios que se producen a través de las generaciones.

La evolución, tiene origen en el estudio de la embriología, donde se empleaba el término para hacer referencia al cambio ontogénico de los organismos, en los inicios existían tesis que mostraban que los embriones se encontraban en el óvulo, mientras que otras indicaban que se encontraban en los espermatozoides, no es hasta el siglo XVIII, donde los especialistas en embriología indican que existe un desarrollo del feto y no como se tenía pensado que ocurría una expansión de un adulto ya formado de la especie, en este entonces el término evolución pasa a ser un sinónimo de la palabra desarrollo.

Uno de los primeros en dejar las bases del concepto de evolución fue Jean Baptiste de Lamarck entre los años 1744 – 1829, el cual describe que las especies, pasan por una transformación

progresiva, en esta primera instancia aparece que la transformación ocurre gracias a dos fuerzas opuestas, la primera fuerza obedece a la necesidad natural del cambio, entendiendo que los organismos aumentan de complejidad a medida que la naturaleza le exija cambiar, la segunda fuerza es la adaptación al medio, esto desvía la primera fuerza.

En este sentido, los cambios en el medio ambiente, propician la evolución de las especies entendiendo que deben realizar variaciones importantes para poder adaptarse a las nuevas condiciones que les proporciona el habita en el que se encuentran, en este sentido la variable más resaltante del concepto primitivo de evolución es que no ocurre con un objetivo, sino como un accidente.

Uno de los investigadores con mayor relevancia en el estudio de la evolución fue Darwin, el cual estableció varias premisas entre las que se mencionan, que los individuos de una misma especie, bien sea domesticas o naturales, esos no son iguales entre sí, la población de una localidad, se encuentra influenciada por la selección natural, es decir, que los cambios dentro de una población, suceden en el tiempo y tras varias generaciones, por último, la teoría de la evolución propuesta por Darwin, indica que las variaciones genéticas son hereditarias.

2.3 Áreas de las Ciencias Biológicas

2.3.1 Biología celular.

Una vez que la célula es descubierta y se inventa el microscopio, nace la biología celular, la cual es la ciencia que permite descubrir el funcionamiento de las células, lo cual, es necesario, para obtener información de los procesos biológicos que ocurren dentro de la célula, su importancia radica en que es la unidad que forma todos los seres vivos, de ella dependen muchas funciones que permiten la vida de cada ser que habita en el planeta (Plattner & Hentschel, 2014).

Las células, como lo explica el mismo autor, pueden realizar diferentes funciones como, por ejemplo, reproducirse, procesar información, responder a estímulos, crecer, realizar funciones químicas, todas estas funciones es lo que define la vida, de hecho, al ser estructuras con tantas capacidades y funciones, son capaces de constituir organismos complejos entre los cuales se menciona al ser humano, es decir, para que un organismo se considere un ser vivo, este debe contener al menos una célula.

Si bien es cierto los virus no son organismos vivos debido a que son solo paquetes de información genética, bien sea de ADN o ARN, la biología los estudia por su capacidad de causar enfermedades, ellos no se reproducen por sí solos, requieren de una unidad superior como la célula que al infectarla y al ser una cadena de ARN o ADN, se replica con la información celular, en efecto, si los virus no

causaran ningún tipo de enfermedad, es muy probable que no se estudiaran ni se conocieran. La biología celular, se encarga entonces de estudiar cada una de las características y funcionalidades de la célula de los seres vivos y cómo se comportan frente a los agentes externos que las rodean (Ross & Pawlina, 2007).

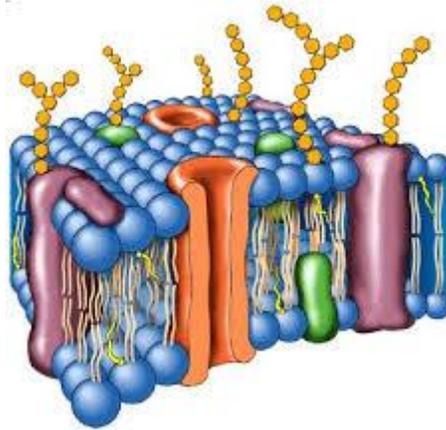


Figura 8. Biología celular y molecular.

Fuente: <https://es.slideshare.net/slideshow/biologa-celular-y-molecular-255609940/255609940>

2.3.2 *Genética.*

Una de las ciencias que han mostrado avances vertiginosos dentro de la rama de la biología ha sido la genética, teniendo en cuenta que a pesar de la gran diversidad de especies que se

encuentran en el medio ambiente, todos compartimos un factor determinante, el mismo sistema genético y está conformado por los ácidos ADN y ARN, los cuales son los responsables de la replicación y expresión genética. En este sentido, la genética es la ciencia que se encarga de estudiar la información hereditaria que se transmite de una generación a otra, los cuales afectan, la altura, el color del cabello, el color de la piel, el color de los ojos, la forma, entre otros rasgos genéticos que son hereditarios (Rodríguez, 2016).

Teniendo en cuenta que estudia la información hereditaria de todos los individuos, la genética de acuerdo a este mismo autor, ha sido fundamental en varias áreas de desarrollo de la medicina, la agricultura y la industria farmacéutica, cambiando muchos de los productos y desarrollando nuevos productos en su mayoría para el beneficio del ser humano.

Por ejemplo, la industria farmacéutica, mediante la modificación genética de hongos y bacterias ha sido capaz de desarrollar medicinas en pro de la salud del ser humano y animales, en relación a la agricultura la genética, ha logrado desarrollar cultivos resistentes a plagas y resistentes a las variaciones climáticas, en cuanto a la medicina, se han logrado desarrollar fármacos que mejoran las condiciones de vida de los pacientes, además de la caracterización de algunas enfermedades que son de transmisión genética.

La genética, debido a su gran rango de actuación, es necesario que la genética divida su campo de acción en tres vértices, el primero, se encarga de la transmisión de la información de padres a hijos, el segundo campo, viene dado por el estudio molecular, es decir, cual es el componente químico de la información genética heredada y el tercer campo de acción, se desarrolla en la macro y micro evolución de un individuo, es decir, estudia la composición genética de los individuos que forman parte de una población determinada y como de adecua al espacio geográfico donde se encuentra en un tiempo determinado (Ver Figura 9).

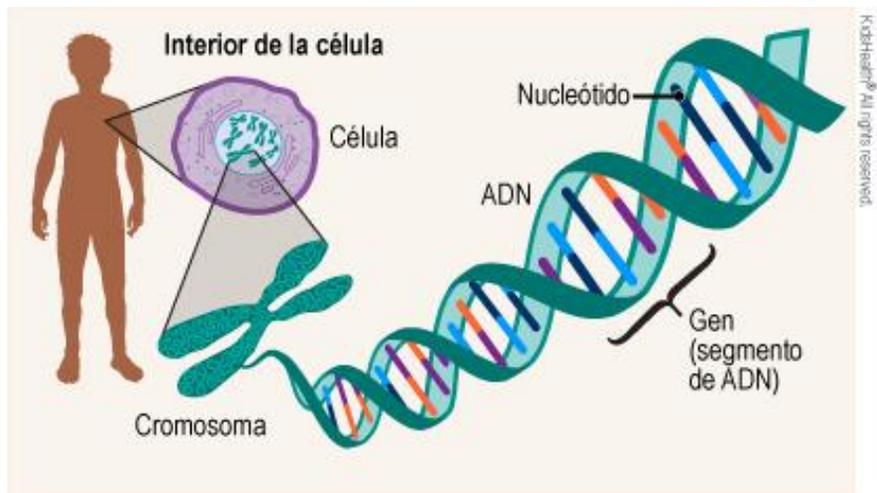


Figura 9. Genética en los seres humanos.

Fuente: <https://kidshealth.org/es/parents/about-genetics.html>

De acuerdo con la historia sobre la genética, se entiende que Johann Gregor Mendel (1822 – 1884), es el padre de la genética, el

cual realizó experimentos con guisantes, específicamente *Pisum sativum*, es bien sabido que no fue el primero en realizar mejoras de plantaciones por hibridación, pero si el primero en realizar una investigación documentada, basada en la observación, generando modelos matemáticos, formulando hipótesis de las diferencias encontradas, en los modelos matemáticos expuestos por Mendel se encontraron datos exactos sobre la transmisión de los caracteres hereditario, aun sin conocer los mecanismos biológicos que se implicaban.

La genética en sí, ha sido la clave para la unificación de varias ramas de la biología, como la biología celular, la biología molecular, la fisiología, entre otras, entendiéndose que para que pueda haber una interacción entre ellas es necesario conocer la genética, siendo la rama de las ciencias biológicas una de las más interesantes, considerando que permite comprender y predecir en cierta forma el fenómeno de la vida, siendo esta además quien da sentido a la biología contemporánea.

2.3.3 *Microbiología.*

El término microbiología, proviene de tres palabras griegas, *mikros*, *bio* y *logos*, el primer término significa pequeños, el segundo término se define como vida y el último término significa estudio, por lo cual, la definición básica de microbiología, sería el estudio de la vida de organismos pequeños, es decir, es la ciencia que se encarga de estudiar aquellos organismos que no son visible para el

hombre, esta se divide en cuatro ramas, entre las que se mencionan, la parasitología, ciencia que estudia a los parásitos, la micología, ciencia que se encarga de estudiar a los hongos, la virología, estudia los virus y la bacteriología, que es la ciencia que se encarga del estudio de las bacterias (Murray et al., 2017).

La necesidad de desarrollar la microbiología, se basa en que los microorganismos fueron los primeros organismos vivos en habitar la tierra, para su momento estas lograron sobrevivir alimentándose de las sustancias orgánicas que se encontraban en la atmósfera, luego de acuerdo a las teorías de la evolución, muchos de ellos pasaron a realizar otras funciones más avanzada y fueron capaces de desarrollarse en el ambiente externo al agua y al haber oxígeno se crea la capa de ozono, dando otras habilidades a los microorganismos como la capacidad de respirar. Ídem

El desarrollo de la microbiología como ciencia, no se logra sino hasta finales del siglo XIX, a causa de que los científicos de la época necesitaban dar respuesta a dos interrogantes, una de las cuales era el comportamiento de las enfermedades contagiosas y si existía la generación espontánea, ambas preguntas necesitaban del microscopio y otras técnicas de observación de partículas microscópicas para ser resueltas. Ídem

La importancia de esta ciencia, según, Frioni, L. (2015), radica en el hecho de que los microorganismos habitan todos los ecosistemas conocidos por el hombre, de hecho, se calcula que el

porcentaje de microorganismos que se han descrito hasta la fecha solo llega al 10% del total, además de ellos depende funciones vitales para la vida sobre la tierra entre los que se mencionan, el ciclo del carbono, nitrógeno, fósforo, entre otros.

Existen múltiples beneficios del desarrollo de microorganismos, de hecho, muchas de las culturas antiguas lograron parte de su desarrollo gracias a ellos y al uso empírico de los mismos, logrando obtener productos como el queso, el vino, la cerveza, el pan, entre otros alimentos, además del desarrollo de productos un poco más industrializados, como por ejemplo, los antibióticos, enzimas, ácidos orgánicos, hoy en día se sigue sacando provecho de las bondades de los microorganismos, donde la ingeniería genética los utiliza para producir medicamentos y terapias novedosas alterando la genética de los mismos.

Sin embargo, es importante mencionar que no todo lo relacionado con microorganismos es positivo, muchas de las grandes enfermedades que han causado la muerte a millones de personas han sido a causa de los microorganismos, entre los que se puede recordar la muerte negra, que afectó durante los siglos XIV y XV, en la época de la colonización, los causantes de la muerte de los indígenas fueron los microorganismos para los cuales los indígenas no tenían anticuerpos contra la viruela europea, actualmente con el SIDA, que es un microorganismo que altera el sistema inmunológico del ser humano y aun no tiene cura y es la causa de miles de muertes

anualmente, además de los miles de microorganismos que pueden causar enfermedades zoonóticas.

2.3.4 *Botánica.*

Según la definición de la Facultad de Ciencias Agrarias de Argentina (2019), esta se define como la ciencia que estudia las plantas y se divide en dos ramas, una dedicada al estudio de las plantas solo por el hecho de conocerlas, se conoce como botánica pura y la botánica aplicada, la cual a partir de los datos obtenidos de la botánica pura con el objetivo de dar un uso práctico a las plantas.

En este sentido la botánica pura, se subdivide en botánica pura general, donde se estudia la fisiología y morfología de las plantas, y se relaciona con otras ciencias, como la fisiología de la planta, donde se estudia la función de las plantas, la fitopatología, donde se estudia las enfermedades de las plantas, la ecología vegetal, dicha rama de estudio se enfoca en la adaptación de las plantas al ecosistema y como se interrelaciona con su entorno, la genética vegetal, que se encarga de estudiar los factores hereditarios de las plantas y la capacidad de reproducción, la morfología de las plantas, esta ciencia estudia las formas de los órganos de las plantas. (Facultad de Ciencias Agrarias de Argentina, 2019).

Botánica pura especial, estudia una especie de plantas en particular y el grupo al cual pertenece, íntimamente relacionada con

la taxonomía vegetal, que le permite ordenarlas, clasificarlas, nombrarlas, siempre bajo las leyes que regulan la clasificación, y la botánica sistemática vegetal, estudia las características y afinidades que existen entre una planta y otra, apoyándose en otras ciencias como la anatomía vegetal, exomorfología, entre otras.

En cuanto a la botánica aplicada la, Facultad de Ciencias Agrarias de Argentina (2019), indica que esta se subdivide de acuerdo al destino de la planta, es decir, se divide en botánica alimentaria, donde se estudian las plantas que son consumidas por los seres humanos, botánica agrícola, dedicada al estudio de las plantas que son de producción agrícola, botánica farmacognosia, se encarga del estudio de las plantas que contienen sustancias que permiten la elaboración de medicamento y la botánica pura forestal, su campo de aplicación es el estudio de los bosques, autóctonos, nativos o bosque implantados.

2.3.5 Zoología.

Separando la palabra zoología en sus componentes griegos, se tiene que *zoon*, que significa animal y *logos*, que significa estudio, partiendo de allí, se encuentra una definición sencilla de lo que es la zoología, siendo esta la ciencia que estudia los animales, también se puede indicar que esta ciencia, estudia la historia natural de los animales (Hickman et al., 2009).

Conociendo que la información para estudiar una sola especie animal es tan amplia y que cada especie tiene sus características particulares, la zoología se ha dividido y apoyado en otras ciencias para poder recopilar la información de cada una de las especies, teniendo entonces que la zoología se apoya en la genética, la embriología, la patología, la anatomía, entre otras ciencias que estudian cada una de las partes de la especie para luego realizar un informe completo que pueda definir y caracterizar a una especie en particular, a continuación se muestra un esquema que ejemplifica como estas disciplinas se insertan en otras ciencias para apoyar al estudio de los animales.

Tabla 2: Ciencias que apoyan a la zoología

| | |
|---------------------|---|
| Morfología | Histología, estudio de los tejidos |
| | Anatomía, estudio de los órganos |
| | Citología, estudio de las células |
| | Ezoognosia, estudio de los caracteres externos |
| Biozoología | Fisiología, estudio de las funciones |
| | Etología, estudia las costumbres |
| Ontogenia | Embriología, estudia la formación del ser |
| | Genética, estudio de los caracteres hereditarios |
| Distribución | Ecología, estudia la distribución de acuerdo al ambiente |
| | Zoogeografía, estudia la distribución de acuerdo a la distribución geográfica |
| | Paleozoología, estudia la distribución a través del tiempo |
| Taxonomía | Zoología sistemática, estudia la clasificación |

| | |
|----------------------|--|
| | Nomenclatura, estudia los nombres técnicos |
| | Metodología, evalúa los procedimientos de estudio |
| Hiperzoología | Zoología histórica, se enfoca en la historia de la ciencia |

Fuente: Esquivel, S. (2006).

2.3.6 *Ecología.*

La palabra griega Oikos, significa hogar y Logos, significa tratado o estudio, de allí proviene la palabra ecología, entendiéndose entonces que se trata del estudio del hogar, es decir, la ecología es la ciencia que estudia las relaciones que existen entre los organismos que se encuentran en un lugar determinado, no solo de los factores bióticos, sino que se incluye a los factores abióticos, en este sentido, lo que trata de explicar esta ciencia cómo y por qué dentro de un ecosistema, se establecen y se desarrollan determinadas especies y que tanto o cómo afecta la presencia del ser humano en ese ecosistema y que repercusiones tiene el cambio climático en el mismo (Malacalza, 2013).

Considerando que aún existe regiones en el mundo que no han sido habitadas por el ser humano y otras donde la fauna y la flora deben coexistir con la especie humana, Lucio, L. et al. (2022), indica

que, la ecología ha tenido que dividirse y crear una rama que estudie el comportamiento del ecosistema donde existe esta interacción humana, denominándose la ecología humana.

La ecología nace a mediados del siglo XIX, pero su relevancia se ha visto resaltada en las últimas décadas, debido al cambio climático causado por el mal uso de los recursos naturales, causando estragos en los diferentes ecosistemas del planeta, por ende y conociendo la capacidad del hombre de transformar y modificar el medio ambiente según las necesidades requeridas para su desarrollo, busca mejorar la relación que tienen los seres humanos con su entorno, en esta búsqueda, el ser humano puede crear medios artificiales para poder mantener un equilibrio del ecosistema, así minimizar el daño y revertir en algunos casos lo causado.

Entendiendo que la ecología estudia la interacción de todos los ecosistemas, es necesario que esta se divida para poder tener un mejor alcance de cada una de esas interrelaciones, por lo tanto, existen diferentes campos de estudio de esta ciencia, entre las que se mencionan, de paisaje, esta se encarga de la transformación de los paisajes naturales a causa de la interacción del ser humano en ellos, se apoya de otras dos ramas de estudio como la biología y la geografía; de recreación, analiza la ecología de los lugares destinados a la recreación y cuál es la interacción entre el medio y el hombre; microbiana, estudia el comportamiento de los microorganismo en un área determinada, y ayuda a descubrir la

importancia de estos para el desarrollo del ecosistema evaluado, ejemplo de esto, es que existe microorganismo que ayudan a la fertilidad de la tierra.

Ecología evolutiva, esta se encarga de realizar la observación y evaluación de las especies de un ecosistema determinado, lo cual permite estudiar las diferentes transformaciones que ocurren en determinada especie a lo largo del tiempo; humana, evalúa el comportamiento del ser humano con su entorno social y natural; matemática, utilizando teoremas matemáticos es capaz de evaluar la relación de un entorno con los organismos que lo habitan. Ídem

Existen muchas otras ramas de la ecología que evalúan cada uno de los ecosistemas que se encuentran en el planeta, no solo los naturales, sino también aquellos creados por el hombre, para ello, la ecología no puede trabajar sola, por lo cual, requiere de otras ciencias que apoyen los diferentes estudios gracias a la gran diversidad de especies y ambientes, teniendo entonces que apoyarse de ramas como, la microbiología, la matemática, la física, la geografía, la química, la sociología, la geología, incluso, debe apoyarse también en la política para poder crear tratados y convenios políticos que ayuden a mitigar el deterioro del medio ambiente.

2.4 Avances científicos y tecnológicos de las Ciencias Biológicas.

Las ciencias biológicas, abarcan muchos campos de estudios y es difícil recopilar todos los avances científicos y tecnológicos que se

están llevando actualmente, sin embargo, se tomaran unos cuantos estudios que se encuentran en pleno desarrollo para dar a entender el avance de esta materia.

Entre los primeros avances que se pueden mencionar, se encuentra uno que ha llamado la atención desde el punto de la ingeniería genética, considerando que, en Brasil para el año en curso, está planificando modificar genéticamente el zancudo *Aedes aegypti*, para contrarrestar las enfermedades que causa este mosquito, entre las cuales se mencionan el dengue, zika, fiebre amarilla y el chikungunya, la modificación genética de estos zancudos, ha causado grandes interrogantes y preocupaciones, considerando que se ha demostrado la interrelación entre todas las especies y las consecuencias negativas que pueda traer esta mutación dentro de la población del mosquito, por otra parte, es necesario evaluar con detalle si esta mutación traerá los beneficios deseados, tomando en cuenta que para que ocurra una adecuada mutación, dentro de la población de los zancudos, debe haber un apareamiento entre los mosquito modificados y la población silvestre de los mismo, se espera que los resultados de los estudios sean favorables para los humanos (Castro, 2024).

La siguiente información parte de los últimos acontecimientos médicos que complicaron la salud del mundo entero, se trata sobre las vacunas intranasales, para crear inmunidad contra el COVID-19, de acuerdo a las investigaciones, se establece que este tipo de

vacunas crea y mejora la inmunidad contra el virus, este avance de las ciencias biológicas también cuenta con la modificación de un adenovirus, el cual en condiciones normales pueden causar problemas respiratorios e intestinales, con la salvedad de que la replicación del virus no es igual a la de SARSCoV – 2, incluso deja de replicarse, evitando que se desencadene la enfermedad, el hecho de estudiar una alternativa donde no sea necesaria la utilización de una jeringa, va más allá de poder vacunar a una persona con miedo a las agujas, sino que, al entrar por la vía nasal tiene mayor eficacia que la vacuna, debido a que entra directamente en donde se quiere atacar el virus en las vías respiratorias superiores (Nouailles et al., 2022).

Uno de los avances científicos de las ciencias biológicas que ha causado gran sorpresa en el mundo, se trata de la terapia génica que, de acuerdo con los investigadores, ha sido una de las revoluciones científicas más importantes del año, debido al logro del tratamiento con éxito de una niña británica a la cual le devolvieron la audición gracias al tratamiento del gen afectado, de nuevo se involucra un virus modificado genéticamente que es inofensivo, con el cual se introduce en la paciente una copia funcional del gen OTOF, logrando que las células ciliadas dañadas en la cóclea, se reparen y la paciente pueda escuchar, el tipo de sordera de la niña es hereditaria y su hermana mayor también padece de la misma condición, lo importante de esta terapia, es que los investigadores esperan reparar otros tipos de sorderas, las cuales, por lo general,

son un factor genético hereditario, además indica que la terapia es conveniente realizarla en infantes, considerando que a esa edad el cerebro es adaptable a los cambios, siendo mucho más fácil para el paciente.

Como se pudo observar en este capítulo, la biología es una ciencia que abarca el estudio del hombre y la naturaleza, desde lo macro a lo micro, iniciando desde el proceso de conocer y decodificar la estructura del ADN, la cual es imperceptible a simple vista, además de conocer de acuerdo a los estudios genéticos como serán las próximas generaciones, además de evaluar el entorno que nos rodea y la importancia de llevar un equilibrio entre todos los ecosistemas, conociendo que cada uno de los ecosistemas existentes, necesitan el uno del otro para poder sobrevivir.

Este hecho de que todos los ecosistemas se encuentra estrechamente relacionados, pudo evidenciarse luego de la pandemia causado por el COVID-19, donde un virus portado por un animal fue transmitido a los seres humanos y se convirtió en pandemia mundial, hecho que paralizó por más de un año todas las actividades de desarrollo humano, sin embargo, otros habitas pudieron reestablecer sus condiciones medianamente normales. En este sentido, el estudio de la biología es una de las ramas de la ciencia más extensas si se evalúa que estudia todos los aspectos de la vida sobre la tierra, desde lo más pequeño e importante como el ADN, hasta la interacción entre los ecosistemas.

A pesar de que los virus, no se consideran seres vivos al no cumplir funciones de reproducción individual y que necesitan un huésped para poder replicarse, en los avances tecnológicos que se pudieron encontrar, son estos los que están ayudando a cambiar la perspectiva que se tiene de ellos, considerando que, gracias a su configuración de ser un paquete de ADN o ARN, es fácil modificarlos para poder mejorar alguna condición genética en el huésped.

CAPÍTULO 3. APLICACIONES DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS

3.1 Introducción

En la actualidad, la biotecnología industrial se ha convertido en un elemento fundamental de la vida diaria, aunque muchas veces pase desapercibida existe una gran cantidad de productos que se utilizan de forma habitual en los hogares que son el resultado de ingeniosos procesos biotecnológicos. La Ingeniería Industrial, como disciplina enfocada en la optimización de procesos y sistemas complejos, ha encontrado un terreno fructífero para su aplicación en el ámbito de las Ciencias Biológicas. La convergencia de estas dos áreas ha dado lugar a un campo interdisciplinario conocido como Bioingeniería Industrial, el cual se encarga de diseñar, implementar y gestionar sistemas biológicos y biotecnológicos de manera eficiente y sostenible (Thieman & Palladino, 2010).

Los ingenieros industriales han asumido un papel protagónico en la creación de espacios donde se fomenta el intercambio de ideas y experiencias prácticas. Estos espacios, a su vez, se han convertido en plataformas esenciales para mantenerse a la vanguardia en el ámbito científico y tecnológico de esta disciplina. El objetivo principal de estos encuentros es generar un impacto positivo y contribuir al desarrollo de los países. Prueba de ello es la proliferación de instituciones, asociaciones y eventos dedicados a

promover el intercambio académico, tecnológico y cultural entre los entusiastas de la ingeniería industrial, lo que ha permitido establecer grandes alianzas comerciales y la creación de negocios en el futuro, lo que ha generado un impacto positivo y duradero en la sociedad (Gutarra Meza, 2016).

El campo de las Ciencias Biológicas se ve enriquecido por la amplia gama de aplicaciones que ofrece la Ingeniería Industrial, su alcance abarca un espectro que va desde la investigación básica hasta el desarrollo de productos y servicios biotecnológicos de vanguardia (Thieman, W. J., & Palladino, M. A., 2010). La Ingeniería Industrial aporta herramientas y metodologías para el análisis, diseño y optimización de procesos biotecnológicos, esto permite mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la productividad en la producción de medicamentos, alimentos, biocombustibles y otros productos de interés industrial.

Por otro lado, al igual que en cualquier otra industria, la gestión eficiente de la cadena de suministro es un factor determinante del éxito de la misma. Esta compleja red de actividades, que abarca desde la adquisición de materias primas hasta la distribución de productos terminados, juega un papel crucial en la rentabilidad, la calidad y la satisfacción del cliente. La ingeniería industrial aporta herramientas y metodologías especializadas para optimizar la cadena de suministro biotecnológica, asegurando que cada etapa se desarrolle de manera fluida y eficiente. Además, esta rama de la ingeniería cuenta con la

experiencia en la aplicación de métodos y herramientas idóneas para el manejo y análisis de la gran cantidad de datos generados en las investigaciones de las ciencias biológicas, permitiendo extraer información valiosa para diferentes fines, por ejemplo, en la rama biomédica que tiene un gran volumen de datos, su tratamiento y análisis adecuado será útil en el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades (Gutarra Meza, F., 2015).

El enfoque ergonómico, biomecánico, de higiene y seguridad que tiene la ingeniería industrial también ha sido ampliamente aplicado en el diseño y desarrollo de dispositivos y equipos médicos funcionales, confiables y que satisfagan las necesidades de los usuarios. Análogamente, la experiencia de la ingeniería industrial con respecto a la creación de sistemas de gestión de calidad, las auditorías y la implementación de sistemas de control de calidad, normas y estándares de calidad también se han aplicado de forma muy útil en el ámbito de las ciencias biológicas lo cual es fundamental a la hora de garantizar la seguridad y eficacia de los productos biotecnológicos.

De igual forma, en los estudios del comportamiento de sistemas biológicos es muy útil el uso de técnicas de modelado de datos y de simulación utilizadas por la ingeniería industrial para estudiar el comportamiento de sistemas biológicos complejos, como el cuerpo humano o ecosistemas utilizados en algunos procesos industriales. Estos modelos y simulaciones han permitido predecir el comportamiento del sistema bajo diferentes

condiciones, optimizar los procesos, etc. lo cual es fundamental para el diseño de experimentos, el desarrollo de estrategias, cambios en los procesos tecnológicos y fundamentar la toma de decisiones.

Las aplicaciones interdisciplinarias entre la Ingeniería Industrial y las Ciencias Biológicas son muy amplias y diversas, es por eso que este capítulo se centrará en algunas de las áreas en las que convergen estas disciplinas dinámicas y en constante evolución, abordando primeramente la optimización de procesos biológicos, un campo crucial para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las industrias biotecnológicas; a continuación, se analizará el tema de diseño y la gestión de sistemas de producción biotecnológica que incluyen algunas estrategias y herramientas necesarias para maximizar la productividad y la calidad de los productos biotecnológicos; más adelante se estudiará otro aspecto fundamental como lo es la logística y la cadena de suministro para poder garantizar el abastecimiento y la entrega oportuna y eficiente de productos biológicos sensibles a las condiciones ambientales y al tiempo.

Finalmente, se aborda la optimización de la producción agrícola mediante tecnologías industriales descubriendo cómo estas disciplinas están revolucionando el sector agrícola con la aplicación de nuevas tecnologías que van desde el desarrollo de nuevos cultivos biotecnológicos hasta la implementación de sistemas de riego inteligentes y el control de plagas y

enfermedades. Todo esto con el objetivo de comprender a través de ejemplos y casos de estudios las contribuciones desde la perspectiva interdisciplinaria de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas al avance de la investigación, el desarrollo de productos y servicios biotecnológicos, la mejora, la estandarización y la optimización de los procesos industriales.

3.2 Optimización de procesos biológicos

En el ámbito de la ingeniería, la optimización se define como el proceso de ajustar y perfeccionar el diseño de un sistema a partir de la evaluación de diversos factores relacionados con su rendimiento. Sin embargo, en el mundo real, nos encontramos con numerosos problemas de optimización que, por su complejidad, no pueden ser resueltos de manera eficiente mediante técnicas matemáticas tradicionales, es por esta razón que la Ingeniería Industrial se ha convertido en una herramienta indispensable para las Ciencias Biológicas, ofreciendo metodologías sistemáticas para enfrentar retos complejos en campos como la biotecnología, la bioinformática, la biomedicina, la salud pública, la epidemiología, entre otros. La sinergia entre ingenieros industriales y científicos biólogos impulsa avances significativos en el ámbito de la ciencia, la tecnología, la salud y el bienestar humano, abriendo un abanico de posibilidades para el desarrollo de soluciones innovadoras y eficaces (Sai et al., 2011).

Existen muchos estudios y literatura disponibles en la que se propone la optimización de procesos biológicos con técnicas innovadoras y herramientas interesantes desde el punto de vista técnico-científico. La optimización de procesos biológicos emerge como una herramienta prometedora para abordar problemas complejos en la industria que, a diferencia de los métodos tradicionales, estos los algoritmos se basan en principios y mecanismos presentes en la naturaleza.

La biotecnología industrial, también conocida como biotecnología blanca, se posiciona como una aliada clave en la búsqueda de un futuro más sostenible. Esta rama de la biotecnología se centra en la optimización de procesos industriales existentes y en el desarrollo de nuevas tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente, con el objetivo de reemplazar aquellos procesos contaminantes que aún persisten en la industria. Mientras que la biotecnología roja está enfocada en la producción de medicamentos y productos farmacéuticos, la biotecnología blanca va dirigida a sectores como la industria alimentaria, la química, la textil y la energética. En este ámbito, se emplean microorganismos, enzimas y células vegetales para llevar a cabo procesos de manera más eficiente, reduciendo el uso de químicos nocivos y la generación de residuos contaminantes, ofreciendo un abanico de posibilidades para la creación de una industria más

sostenible y responsable (Rendueles & Díaz, 2014). Entre sus principales aplicaciones se pueden destacar:

- Desarrollo de biocombustibles a partir de fuentes renovables como la biomasa, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles y su impacto ambiental.
- Biodegradación de compuestos contaminantes con microorganismos modificados genéticamente capaces de metabolizar algunas sustancias contaminantes presentes en el agua, el suelo y el aire, contribuyendo a la limpieza del medio ambiente y disminuyendo la alteración de los ecosistemas.
- Producción de enzimas industriales derivadas de microorganismos con el objetivo de ser utilizadas en diversos procesos industriales, como la producción de alimentos, detergentes y textiles, constituyendo alternativas más ecológicas a los procesos tradicionales.
- Síntesis de biopolímeros a partir de materias primas renovables, como el almidón o el azúcar, reemplazando plásticos derivados del petróleo.

La optimización de procesos biológicos es un campo de estudio que busca mejorar la eficiencia y el rendimiento de los procesos biológicos naturales o modificados genéticamente. Esta área de investigación tiene un gran potencial para el desarrollo de nuevas tecnologías y productos en diversas áreas, como la

biotecnología, la medicina, la agricultura y la industria alimentaria. Entre los aportes de la Ingeniería Industrial a la optimización de procesos biológicos se encuentra la aplicación de técnicas de análisis estadístico y diseño experimental para la planificación y ejecución de experimentos biológicos, el desarrollo de modelos matemáticos y simulaciones computacionales para predecir el comportamiento de sistemas biológicos, la implementación de técnicas de optimización para mejorar la eficiencia de procesos biológicos, la aplicación de principios de ergonomía y seguridad en el diseño de laboratorios biológicos, así como también la gestión de proyectos en investigación biomédica para asegurar el cumplimiento de objetivos y plazos.

Por su parte, las ciencias biológicas aportan los conocimientos de los mecanismos moleculares y celulares que regulan a los procesos biológicos que se desean optimizar, además, permite identificar biomoléculas y organismos con propiedades útiles para la optimización de procesos, ayudando a comprender las interacciones entre los componentes biológicos y el entorno. Todo esto permite el desarrollo de herramientas y técnicas para el análisis de datos biológicos y el diseño de nuevos procesos biológicos. La integración de conocimientos y metodologías de la Ingeniería Industrial y las Ciencias Biológicas permite abordar problemas complejos de optimización para el desarrollo de nuevas tecnologías y productos, considerando tanto los aspectos técnicos como biológicos de los procesos, y a su vez permite desarrollar soluciones

innovadoras y sostenibles para la optimización de procesos biológicos.

La optimización de procesos biológicos es un área con un gran potencial para ser aplicado en diversos sectores, desde la industria farmacéutica hasta la agricultura, pero por la complejidad intrínseca de los sistemas biológicos los cuales contienen una gran cantidad de variables interactuando entre sí, se dificulta la comprensión y el modelado para predecir el comportamiento de estos sistemas, lo que hace difícil su optimización. Aunado a esto, también se encuentran las limitaciones éticas y regulatorias del desarrollo de nuevas biotecnologías con respecto a la manipulación de organismos vivos, por lo que se debe garantizar que la investigación y aplicación de estas tecnologías se lleven a cabo de manera responsable y segura. Sin embargo, también presenta grandes oportunidades para el desarrollo de nuevas tecnologías y productos que beneficien a la sociedad, teniendo una amplia gama de aplicaciones en diversos campos que incluyen:

- Biotecnología: desarrollo de nuevos procesos para la producción de biocombustibles, bioplásticos, enzimas, anticuerpos y otros productos biotecnológicos.
- Medicina: diseño de terapias celulares y moleculares más eficientes para el tratamiento de enfermedades.
- Agricultura: desarrollo de cultivos más resistentes a plagas y enfermedades, con mayor rendimiento y valor nutricional.

- Industria alimentaria: optimización de procesos de fermentación, conservación de alimentos y producción de ingredientes alimenticios.
- Biorremediación: desarrollo de procesos biológicos para la degradación de contaminantes ambientales.

Como ejemplo de aplicación de la optimización en procesos biológico se tiene el estudio realizado por Benítez Hernández, A. (2003), en el que se desarrolló un modelo matemático para describir la dinámica de los sistemas biológicos utilizados en el tratamiento de aguas residuales, realizando una revisión bibliográfica de la literatura disponible relacionada con el modelado de los sistemas biológicos y la cinética microbiana de los mecanismos que ocurren, así como también de los softwares que faciliten la simulación. El modelo desarrollado respondió correctamente a los cambios en la carga del afluente de la estación depuradora de aguas residuales por lodos activados con un error menor a 9%. Logrando optimizar los parámetros de estabilidad de la estación de tratamiento luego de que ocurra un aumento brusco en la carga contaminante del afluente y obteniendo la porción que se debe purgar de la corriente de lodo para el funcionamiento de la planta se lo más estable posible.

Por su parte, Gong, Z. et al. (2024), realizaron una revisión que resume el estado de avance de 16 modelos de redes metabólicas a

escala genómica (GSM) en procesos microbianos industriales de gran relevancia. La creación de fábricas celulares microbianas de alto rendimiento (MCF) es fundamental para la biofabricación moderna, pero la complejidad de la red de regulación metabólica de los microorganismos representa un desafío importante para el diseño y la construcción eficientes de estas fábricas. Los GSM ofrecen una herramienta valiosa para simular el proceso de regulación metabólica de los microorganismos en un entorno virtual, proporcionando una guía eficaz para que estas fábricas celulares microbianas puedan diseñarse y construirse con mayor rapidez.

En el estudio realizado por Gong Z. et al, (2024) se detallaron los métodos y las tecnologías utilizadas en la construcción de GSM de alta calidad considerando cinco aspectos principales:

1. Bases de datos y herramientas de modelado que facilitan la reconstrucción de GSM, debido a que la disponibilidad de bases de datos completas y herramientas de modelado intuitivas simplifica el proceso de reconstrucción de GSM.
2. Las tecnologías de llenado de huecos emergentes que permiten llenar los vacíos de información en las redes metabólicas, mejorando la precisión y la confiabilidad de los GSM.

3. La reconstrucción de GSM basados en restricciones los cuales incorporan información experimental y de conocimiento para optimizar la precisión del modelo.
4. Los últimos avances en algoritmos para la reconstrucción y análisis de GSM, que permiten una mayor eficiencia y precisión en el modelado.
5. Herramientas de visualización desarrolladas para facilitar la comprensión e interpretación de los GSM.

La construcción de los GSM permite la exploración y explicación de las características metabólicas de los microorganismos, identificando rutas metabólicas clave y puntos de control; los GSM se pueden utilizar para predecir los efectos de mutaciones o modificaciones genéticas en el metabolismo, permitiendo el diseño racional de cepas microbianas optimizadas; permiten predecir el fenotipo óptimo para un objetivo específico, como por ejemplo la producción de un compuesto deseado, guiando el diseño y la optimización de los procesos biotecnológicos; y además, los GSM sirven como excelente guía para la construcción de fábricas celulares en experimentos prácticos, orientando sobre la selección de cepas microbianas, las condiciones de cultivo y las estrategias de ingeniería genética y metabólica para la biofabricación (Gong et al., 2024).

En definitiva, la biotecnología industrial se presenta como una herramienta indispensable para la transición hacia una economía circular y sostenible, ofreciendo soluciones innovadoras para reducir el impacto ambiental de la industria y contribuir a la construcción de un futuro más verde. Por lo tanto, la optimización de procesos biológicos es un campo de estudio interdisciplinario con un gran potencial para el desarrollo de nuevas tecnologías y productos en diversos sectores. La integración de conocimientos y metodologías de la Ingeniería Industrial y las Ciencias Biológicas es fundamental para abordar los desafíos y aprovechar las oportunidades que presenta este campo.

3.3 Diseño y gestión de sistemas de producción biotecnológica.

La biotecnología implica un conjunto de técnicas en las que se emplean células vivas, cultivo de tejidos o moléculas derivadas de un organismo, como por ejemplo las enzimas, para obtener o modificar un producto, mejorar una planta o desarrollar un microorganismo que se utilice posteriormente con un fin específico. Estos procesos tecnológicos asociados a organismos vivos y a algunos procesos biológicos representan alternativas sostenibles para el desarrollo de la agricultura, las industrias de alimentos, farmacéuticas, etc. lo que permite a su vez satisfacer las necesidades de la población (Román Calderero, 2024).

En las últimas décadas, la biotecnología ha experimentado un crecimiento exponencial, impulsado por los avances en la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías. Este crecimiento ha generado la necesidad de diseñar y gestionar sistemas de producción biotecnológica eficientes, seguros y sostenibles. La Ingeniería Industrial, con su enfoque en la optimización de procesos y sistemas complejos, juega un papel crucial en esta área contribuyendo significativamente al diseño y gestión de sistemas de producción biotecnológica en diversas etapas, desde el desarrollo de procesos biotecnológicos hasta la distribución de productos finales.

Independientemente del objetivo del sistema de producción biotecnológico, es necesario que el diseño de la instalación biotecnológica sea eficiente, segura y que cumpla con las normativas regulatorias. Para esto se cuenta con las herramientas y técnicas que aporta la ingeniería industrial para realizar una adecuada selección de equipos, optimizar el layout o la estructura de la planta, el diseño e implementación de sistemas de control de calidad, de sistemas de gestión y de igual forma, la consideración de aspectos ergonómicos y de seguridad para los trabajadores. Aunado a esto, la ingeniería industrial presenta técnicas para optimizar la gestión del almacenamiento y la trazabilidad de los productos biotecnológicos, así como también el manejo de los inventarios, el transporte y la logística de los mismos.

A medida que la biotecnología continúe evolucionando, la experiencia de la ingeniería industrial en este campo seguirá creciendo, convirtiéndose en una herramienta fundamental para el diseño y gestión eficiente de sistemas de producción biotecnológica ya que no sólo permite optimizar procesos, sino que también ayuda a mejorar la calidad, reducir costos y garantizar la seguridad y sostenibilidad de la producción biotecnológica. Ejemplo de ello es el servicio ofrecido por el Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP) de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) en Cuba para el diseño de instalaciones de biofábricas para la producción a escala comercial de diferentes especies vegetales mediante técnicas basadas en el cultivo *in vitro*, adicionando mejoras tecnológicas y sistemas de propagación semiautomatizados de última generación. Estas biofábricas se distinguen por su versatilidad, permitiéndole atender de forma simultánea, rápida y eficazmente diversas demandas comerciales. Las instalaciones son cuidadosamente diseñadas para facilitar un flujo de producción optimizado que facilite la investigación de alto nivel en la propagación de especies de interés económico.

La Ingeniería Industrial puede contribuir también a la implementación de sistemas de gestión de calidad en la industria biotecnológica para garantizar el cumplimiento de las normativas y regulaciones de cada país y con los estándares internacionales de calidad, como por ejemplo las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL); de esta forma se

asegura que los productos y procesos biotecnológicos cumplan con los estándares de calidad, lo cual es crucial debido a que involucran riesgos para la salud y el medio ambiente.

Ejemplo de esto lo constituye un estudio en el que se diseñó y se implementó un sistema integrado de gestión de calidad, seguridad y ambiental en un centro biotecnológico productor de vacunas, para lo cual se analizaron las normas, aplicaciones prácticas internacionales y documentos regulatorios para la industria farmacéutica, utilizando como metodología el panel de expertos y la técnica de trabajo en grupo para el proceso de toma de decisiones inherentes al diseño e implementación del sistema. El sistema integrado de gestión resultante incluyó una política integrada, la documentación de soporte, un comité de revisión, un enfoque CAPA para gestionar no conformidades de auditorías integradas y revisiones periódicas de eficacia por parte de la Dirección. Se analizaron los riesgos, se evaluaron las causas de los indicadores críticos y se establecieron prioridades para su atención inmediata mediante planes de acción correctiva. De esta se logró dotar a la Directiva de una herramienta para gestionar las actividades operacionales a través de indicadores cuantitativos, integrando la calidad, la seguridad laboral y el cuidado ambiental, unificando esfuerzos y voluntades hacia un objetivo común, lo que se tradujo en un incremento de la excelencia en el trabajo, la calidad y la eficiencia de los procesos (Martínez et al., 2011).

Por otro lado, Apezteguía et al. (2022) realizaron un estudio describe las acciones tomadas para reducir riesgos en el diseño de un nuevo proceso de producción para el ingrediente farmacéutico activo de un inmunoterapéutico desarrollado en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), para lo cual un equipo multidisciplinario del CIGB utilizó el Análisis de Modos de Falla y Efectos para evaluar los riesgos potenciales. Se aplicaron los principios de gestión de riesgos para la calidad a la tecnología de obtención de una proteína recombinante con fines diagnósticos. La evaluación de riesgos en el diseño del nuevo proceso de producción se centró en identificar y analizar las fallas de mayor impacto que pudieran provocar una baja recuperación del producto y el incumplimiento de las especificaciones de calidad del inmunoterapéutico. Los hallazgos de la evaluación de riesgos llevaron a modificaciones en la tecnología propuesta por la Dirección de Investigaciones Biomédicas, esto permitió diseñar un nuevo proceso de producción para un producto biofarmacéutico destinado al tratamiento de enfermedades virales crónicas.

3.4 Logística y cadena de suministro en la industria biológica

La industria biológica, que abarca sectores como la biotecnología, la medicina farmacéutica, la agricultura y la producción de alimentos, está caracterizada por tener productos y procesos complejos, por lo que la gestión eficiente de la logística y la cadena de suministro en esta industria es crucial para garantizar la calidad, seguridad y entrega oportuna de productos biológicos, muchos de los cuales son sensibles a factores como la temperatura, la humedad y la manipulación. La cadena de suministro en la industria biológica presenta características muy particulares que las distinguen del resto de las industrias entre estas se tienen: (Azmi et al., 2017)

- Los productos biológicos, como medicamentos, vacunas, tejidos y cultivos, son sensibles a condiciones ambientales, la luz, la vibración, la temperatura o la humedad, por lo que cualquier alteración en estas condiciones puede afectar la calidad, seguridad y eficacia del producto. Requiriendo un manejo cuidadoso durante el transporte y almacenamiento para preservar su integridad, su eficacia y funcionalidad.
- La industria biológica está sujeta a regulaciones estrictas que establecen requisitos específicos para la manipulación, el almacenamiento, transporte y distribución de sus productos, con el objetivo de garantizar la seguridad y calidad de los

mismos y proteger la salud pública. Muchos productos biotecnológicos y farmacéuticos requieren una cadena de frío ininterrumpida durante su transporte y almacenamiento, esto implica el uso de equipos de refrigeración especializados, contenedores con aislamiento térmico y sistemas de monitoreo de temperatura

- Las cadenas de suministro en la industria biológica por ser complejas y globales, lo que implica muchas veces grandes desafíos logísticos adicionales como el cumplimiento de diferentes regulaciones, gestión de riesgos asociados con el transporte internacional, elevados costos y la coordinación entre múltiples organismos o departamentos.
- Debido a la corta vida útil de algunos productos e insumos de la industria biológica, la gestión de inventarios crítica debido a la corta vida útil de algunos productos, los altos costos de almacenamiento, la necesidad de mantener niveles de stock de seguridad adecuados para evitar rupturas de inventario que podrían afectar la producción.
- En la industria biológica es esencial que la logística y la cadena de suministros sean gestionadas adecuadamente con lotes específicos para garantizar su trazabilidad y poder identificar y rastrear su origen, movimiento y destino. Esto es crucial para responder a incidentes de seguridad, realizar retiros de productos y cumplir con los requisitos regulatorios.

Con el objetivo de optimar la logística y la cadena de suministro en la industria biológica, la ingeniería industrial cuenta con diversas estrategias que puede apoyar significativamente los procesos, como por ejemplo con la aplicación de técnicas de análisis y optimización para diseñar redes de distribución eficientes que minimicen costos, tiempos de entrega y riesgos asociados al transporte de productos biológicos. De igual forma, la evaluación de las diferentes opciones de transporte de los productos de la industria biológica, considerando factores como la temperatura, la humedad, el tiempo de tránsito y los costos, permitirá la selección adecuada del modo de transporte, lo cual es vital para garantizar su integridad y entrega oportuna.

Por otra parte, la ingeniería industrial aporta herramientas útiles para diseñar e implementar sistemas de almacenamiento y control de temperatura apropiados para mantener las condiciones ambientales óptimas requeridas para los productos biológicos durante su almacenamiento. Asimismo, dispone de técnicas de gestión de inventarios que permiten optimizar los niveles de stock, minimizar los costos de almacenamiento y evitar rupturas de inventario. Esta rama de la ingeniería también puede ayudar a diseñar e implementar sistemas de trazabilidad que permitan rastrear el movimiento de productos biológicos desde su origen hasta su destino final, facilitando el seguimiento de lotes de productos, la identificación de posibles problemas de seguridad y el cumplimiento de las regulaciones (Sari, M. K., & El-Said, S., 2014).

La logística y la cadena de suministro en la industria biológica enfrentan diversos desafíos debido a su complejidad, a sus múltiples etapas y modos de transportes. Adicionalmente, los costos de logística y transporte en la industria biológica pueden llegar a ser elevados debido a la necesidad de mantener controladas las condiciones de transporte como por ejemplo la cadena de frío, también debido a que se debe cumplir con regulaciones estrictas y manejar inventarios complejos. Esta misma complejidad hace que existan riesgos de cometer errores de logística, los cuales pueden generar consecuencias graves, porque muchas veces se pone en riesgo la salud de seres vivos y se puede comprometer la reputación de la organización. Debido a que muchas veces la vida útil de los productos biotecnológicos es muy corta o por cambio en las regulaciones es sumamente importante tener un plan para la gestión de inventario obsoleto.

Por lo expuesto anteriormente, es fundamental desarrollar una planificación estratégica de la cadena de suministro que considere las necesidades específicas del negocio, los riesgos potenciales y las regulaciones aplicables, implementando tecnologías de la información que faciliten el seguimiento y rastreo de la cadena de suministro, la evaluación y mitigación de los riesgos y también capacitando adecuadamente al personal involucrado para poder enfrenar los desafíos, garantizar el cumplimiento de las regulaciones y el manejo adecuado de los productos. Actualmente se ofrecen nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y la

seguridad en la logística y la cadena de suministro como los sensores, dispositivos rastreables, equipos de robótica que permiten automatizar tareas repetitivas, entre otros (Torres Murillo et al., 2024).

El éxito de la cadena de suministro radica en la capacidad de integración e interrelación entre las empresas involucradas, desde los proveedores hasta los consumidores finales, cada eslabón de la cadena debe cumplir con los estándares y parámetros establecidos para garantizar un resultado favorable en todas las etapas del proceso: aprovisionamiento, producción y distribución-comercialización. Dada su trascendencia en la economía y la sociedad en general, el estudio de estas fases resulta fundamental, por lo tanto, una gestión y control efectivos de estas etapas permiten a las organizaciones incrementar su productividad, fortalecer su competitividad y viabilizar su participación en el mercado internacional o global (Teves et al., 2019).

3.5 Optimización de la producción agrícola mediante tecnologías industriales

La producción agrícola enfrenta el desafío de alimentar a una población mundial en constante crecimiento, utilizando de manera sostenible los recursos naturales. En este contexto, la optimización de la producción agrícola mediante tecnologías industriales emerge

como una estrategia clave para aumentar la productividad, reducir el impacto ambiental y asegurar la seguridad alimentaria. Este enfoque de optimización puede contribuir significativamente en diversas áreas de la producción agrícola mediante la mecanización y automatización de tareas repetitivas y arduas, como la siembra, el riego, la cosecha y el procesamiento de productos agrícolas, de esta forma se puede aumentar la eficiencia, reducir la mano de obra y mejorar las condiciones laborales. La implementación de sistemas de riego eficientes, como el riego por goteo o la aspersión, permite optimizar el uso del agua, que en muchas regiones agrícolas es un recurso escaso (Santos, 2018).

Por otra parte, la aplicación de técnicas de gestión de la fertilidad del suelo, como el análisis de suelos y la aplicación de fertilizantes a la medida para una fertilización precisa, lo que se traduce no sólo en la optimización del uso de fertilizantes sino también en el incremento del rendimiento de los cultivos. Otra área en la que se han empleado tecnologías industriales para la optimización de la producción agrícola es mediante la implementación de sistemas de control de plagas y enfermedades, como el control biológico o el uso de pesticidas específicos, esto permite minimizar las pérdidas de cultivos y proteger el medio ambiente. La optimización de la logística y la cadena de suministro para productos agrícolas, desde la cosecha hasta la distribución final, permite reducir pérdidas postcosecha, mantener la calidad de los productos y minimizar costos (Soto et al., 2019).

Mediante la aplicación de los principios de ingeniería industrial es posible el diseño y desarrollo de maquinaria agrícola más eficiente y ergonómica, como tractores, cosechadoras y sistemas de riego, la optimización de layouts de campos agrícolas, considerando factores como la topografía, el acceso al agua y la exposición solar, puede mejorar la eficiencia de las operaciones agrícolas. Además, es posible implementar sistemas de gestión de inventarios para insumos agrícolas, como semillas, fertilizantes y pesticidas, permitiendo optimizar el uso de estos recursos y reducir costos, por lo que se ha demostrado que la implementación de sistemas de gestión de inventarios puede ser una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de las empresas agrícolas. En el estudio realizado por Tapia Barrera, L. (2016) se profundiza en la aplicación de principios de Supply Chain Management para el diseño de cadenas de suministro agroalimentarias sostenibles, las cuales deben diseñarse para garantizar una distribución equitativa de los beneficios entre todos los actores por lo que la propuesta fue realizada integrando el modelo SCOR y el enfoque de optimización.

Por otro lado, el desarrollo de sistemas de monitoreo y control para cultivos, utilizando sensores y tecnologías de la información, permite optimizar el riego, la fertilización y el control de plagas y enfermedades, como por ejemplo el modelo desarrollado por Pina Herce, L. E. (2023) para la detección de mala hierba por imágenes del suelo, las cuales son recibidas en tiempo real por un sistema y

de acuerdo a lo observado aplica o no el herbicida en la superficie del suelo. Otro ejemplo es el uso de datos históricos y en tiempo real sobre el clima, el suelo y los cultivos mediante la aplicación de técnicas de análisis de datos para la toma de decisiones agrícolas, lo cual permite optimizar las prácticas agrícolas y aumentar la productividad.

La industria agrícola se enfrenta al desafío de satisfacer la creciente demanda alimentaria sin comprometer la sostenibilidad ambiental. En este contexto, las tecnologías emergentes, como la información geográfica, el Internet de las Cosas (IoT), el análisis de Big Data y la inteligencia artificial (IA), se posicionan como herramientas valiosas para la toma de decisiones informadas por lo que pueden contribuir en la optimización de la producción agrícola. La agricultura de precisión aprovecha estas tecnologías para implementar estrategias de manejo de cultivos más eficientes y precisas, con el objetivo de minimizar los insumos y maximizar la producción. El uso de sensores remotos en la agricultura de precisión ha crecido exponencialmente en las últimas décadas, la disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución ha facilitado el monitoreo detallado de los cultivos, permitiendo identificar áreas con estrés hídrico para gestionar el riego, aplicar nutrientes cuando se encuentran deficiencias nutricionales, controlar plagas y enfermedades, y estimar el rendimiento potencial. En el estudio realizado por Sishodia, R. et al. (2020) se presentó una revisión general de los sistemas de teledetección, las

técnicas y los índices de vegetación utilizados en este tipo de agricultura. Además, se analiza el auge del uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) como herramienta complementaria para la obtención de imágenes de alta resolución a bajo costo. El desarrollo de herramientas fáciles de usar y accesibles para los agricultores es crucial para una adopción más amplia de la AP y la consecución de una agricultura sostenible y eficiente (Sishodia et al., 2020).

La convergencia de la Ingeniería Industrial y las Ciencias Biológicas abre un panorama de posibilidades innovadoras para abordar desafíos complejos en diversos sectores, desde la atención médica hasta la manufactura y la sostenibilidad ambiental. La combinación de la experiencia en diseño, análisis y optimización de sistemas de la Ingeniería Industrial con el conocimiento profundo de los procesos biológicos y los sistemas vivos de las Ciencias Biológicas, permite la creación de soluciones innovadoras y efectivas. Mientras la biotecnología va avanzando la ingeniería industrial se posiciona como un aliado indispensable en este campo, ya que su experiencia y herramientas permiten diseñar y gestionar eficientemente los sistemas de producción biotecnológica. Más allá de optimizar procesos, la ingeniería industrial contribuye mejorar la calidad, reducir costos y garantizar la seguridad y sostenibilidad en la producción biotecnológica.

Por otro lado, la gestión eficiente de la logística y la cadena de suministro es fundamental para el éxito de la industria biológica, es

por esto que la ingeniería industrial, con su enfoque en la optimización de procesos y sistemas complejos, tiene un papel esencial en este ámbito. La industria biológica abarca una amplia gama de sectores, incluyendo la biotecnología, la farmacéutica, la agricultura y la medicina, estos sectores se caracterizan por manejar productos sensibles y complejos, que requieren condiciones de almacenamiento y transporte específicas para mantener su calidad, seguridad y eficacia, esto ocasiona que la logística y la cadena de suministro también tengan un rol fundamental en esta industria, asegurando que los productos biotecnológicos y farmacéuticos lleguen a los consumidores de manera segura y oportuna.

La ingeniería industrial aporta herramientas y metodologías para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la competitividad de la producción agrícola, contribuyendo en la optimización de la misma mediante tecnologías industriales, lo cual representa una oportunidad significativa para aumentar la productividad, reducir el impacto ambiental y asegurar la seguridad alimentaria, en esta área.

En resumen, las perspectivas interdisciplinarias entre la Ingeniería Industrial y las Ciencias Biológicas son amplias y prometedoras. La colaboración entre estas disciplinas tiene el potencial de generar avances significativos en diversos campos, mejorando la calidad de vida y contribuyendo a un futuro más sostenible. Por lo tanto, la ingeniería industrial se consolida como una herramienta fundamental para el diseño y gestión eficiente de

sistemas de producción biotecnológica, impulsando el desarrollo sostenible y responsable de este campo.

CAPÍTULO 4. APLICACIONES DE LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

4.1 Introducción.

Desde el inicio de los tiempos, la ingeniería industrial y las ciencias biológicas, siempre han mostrado una dependencia la una de la otra, ambas trabajan para buscar la mejor calidad de vida del ser humano, un ejemplo de esto, se ve reflejado en como el hombre desarrolló herramientas que le permitieran alimentarse, vestirse, abrigarse de los fenómenos naturales, en épocas prehistóricas; en todos estos procesos, se requiere de la ingeniería básica para poder mejorar los procesos y adaptar lo que se obtenía de la naturaleza, a las necesidades del momento (Nucci Porsani et al., 2022).

Arévalo, C. (2018), indica que uno de los primeros avances en diseños biológicos fue el desarrollado por Schmitt, en el año 1957, el cual se trató del desarrollo de un dispositivo que imitaba la acción eléctrica de un nervio, pero no es hasta 1974, que aparece en el diccionario Webster, donde se explica básicamente que la Biomímesis, se encarga a través de mecanismos artificiales imitar las sustancias y materiales naturales.

Los problemas actuales, respecto a la insostenibilidad del medio ambiente, la contaminación y la degradación de la biodiversidad, la pérdida de terrenos fértiles y productivos, ha causado que la supervivencia del hombre sea cada vez más difícil en el planeta, este

tema ya no es solo una discusión entre ecologistas y biólogos, sino que es un tema político y económico, donde se requiere de manera urgente que se transforme las condiciones de la vida actual, para garantizar la supervivencia del hombre.

La búsqueda de soluciones, no es una lucha actual, desde el 2015 las Naciones Unidas, ha desarrollado una variedad de Objetivos del Desarrollo Sostenible, a las que se han sumado innovaciones en todos los sectores para mitigar el deterioro de la naturaleza, una de las estrategias más predominantes en este aspecto ha sido el uso de energía renovable, la agricultura sin desperdicios, la bioclimática, entre otras estrategias, que permiten al ser humano adaptarse a las condiciones actuales.

Lo que se tiene que aprender en muchas ocasiones de los sistemas naturales, es que estos no llegan a la optimización de los procesos tal como se hace en la ingeniería, donde primero se evalúa el problema, se plantean las posibles soluciones, se realiza una prueba piloto o una simulación de esas soluciones y la que mejor resultados exprese, esa es la solución a aplicar, en la naturaleza, en la optimización de problemas hay una serie de conflictos y negociaciones para poder llegar a una de las tantas soluciones que encuentra para corregir uno o varios problemas que se presentan (Jiménez Arévalo, 2018).

Por otra parte, la urgencia climática, está obligando a que las soluciones alternativas de cambio de fuentes de energía se realicen

a un ritmo más acelerado que el que se tiene actualmente, por lo cual, se han visto innovaciones en el uso de residuos y desechos de los diferentes sectores de actuación del ser humano y que este cambio debe ser sostenible en el tiempo para poder mantener las fuentes de energía renovables y buscar establecer biorrefinerías que puedan abastecer la demanda de la sociedad actual, sin embargo, es importante acotar, que el ser humano debe adaptarse y desacelerar el consumo energético actual para poder conseguir una vida estable en el futuro inmediato (López Giménez, 2019).

En el presente capítulo, se podrá estudiar la interrelación entre las disciplinas mencionadas, para ello, se evaluarán términos como la biomimética y el diseño inspirado en la naturaleza, donde se podrá detallar en qué sentido se está apoyando el hombre para imitar a la naturaleza, además se estudiarán las aplicaciones de la biología en la mejora de procesos industriales, en como la naturaleza con sus cientos de años de evolución muestra una mejora de los procesos industriales enfocados en mejorar tanto la calidad de vida del hombre como la relación que tiene este con su entorno, por otra parte, se estudiará la bioinformática y análisis de datos en la ingeniería industrial, en qué áreas de la ingeniería industrial se puede aplicar este sistema y que requiere para ser aplicado.

Por otra parte, se podrá estudiar cómo ha sido el desarrollo de materiales biocompatibles para aplicaciones industriales y la integración de sistemas biológicos en procesos industriales de

producción de energía, sobre todo en estos tiempos donde se quiere mejorar la relación con el medio ambiente dejando de utilizar compuestos provenientes de fuentes no renovables como los hidrocarburos.

4.2 Biomimética y diseño inspirado en la naturaleza

Biomimética o biomímesis, deriva del griego bio, cuyo significado es vida y mímesis, que significa imitar, en este sentido la definición básica de biomimética sería, imitación de la vida, en ingeniería, esta ciencia ha traído grandes beneficios económicos, siendo el diseño de los trenes de alta velocidad uno de los diseños más resaltantes, además de ser una alternativa bastante beneficiosa, para mejorar las condiciones del cambio climático y los desafíos que ha traído este a nivel mundial (Rossemary et al., 2023).

La biomimética, si bien es cierto es un diseño inspirado por la naturaleza, es decir, un diseño bioinspirado, esto no implica que todos los diseños bioinspirados sean biomiméticos, por lo cual, se requiere describir en tres términos como se relacionan los diseños humanos y los sistemas biológicos, teniendo entonces, la bioutilización, que indica que utiliza la naturaleza, el bioformismo, que indica que se parece a la naturaleza y la biomímesis, que explica que funciona como la naturaleza.

La biomimética, no es una ciencia nueva, de hecho, en el año 1969 Schmitt la define como la ciencia que estudia la naturaleza,

como fuente de inspiración para resolver los problemas del ser humano, no solo extrayendo lo que ofrece, sino imitando los procesos de conservación y preservación de lo que como sistema y modelo la naturaleza puede enseñar (Nucci Porsani et al., 2022).

De acuerdo a Roldan, L., et al. (2023), la base de esta disciplina, es aplicar la naturaleza en toda su extensión a los diferentes ambientes, productos y servicios creados por el hombre, es decir, la biomimética lo que busca es imitar todos los procesos, formas y sistemas naturales, con el objetivo de crear no solo productos y servicios, sino también infraestructuras que se adapten al entorno, en lugar de simplemente destruir la naturaleza para crear un espacio adaptado al hombre.

Esto no se aleja de la versión primitiva de lo que hacía el hombre de la era de piedra, en la que se daba forma a los utensilios como las lanzas imitando la forma de los colmillos de los depredadores para poder cazar, incluso aprenden de los depredadores a cazar y a entender cuáles eran las especies comestibles, además de utilizar las diferentes pieles para cubrirse del frío y el uso de las partes más oscuras y frías de las cuevas para preservar los alimentos, en este sentido, el hombre primitivo aprendió utilizando técnicas que son indispensables para las investigaciones actuales, la observación y la transmisión de conocimientos, métodos que siguen haciendo que el hombre evolucione.

En este sentido explican Roldan, L., et al. (2023), la ingeniería civil, ha buscado integrar no solo la estructura de los edificios, sino que los materiales utilizados para la construcción este acorde con la naturaleza y que, en la naturaleza, se utilicen para dar estructura y soporte a los hábitats, además de ser ecológicos.

Qatar ha sido uno de los países que ha aplicado esta tecnología en una de su más importante edificación, el Qatar Cacti Building, este edificio está inspirado en los cactus de la zona, la principal característica de la edificación es que la gestión de la energía y el calor que se produce en el edificio, se gestiona de manera similar a lo que hace el cactus, siendo favorable por las condiciones de alta radiación solar de la zona y el edificio las soporta tal como lo hacen su inspiración natural (Rossemary et al., 2023).

Por otra parte, no se han utilizado solo plantas para imitar su diseño, Roldan, L., et al. (2023), indican que también se han utilizado insectos que construyen edificaciones complejas y que además son capaces de albergar a millones de habitantes de su especie, un ejemplo de ello son las termitas, muchos investigadores han estudiado la manera en que las termitas construyen sus nidos y el complejo sistema de refrigeración que utilizan para mantener el nido fresco aun cuando en el exterior se presenten temperaturas de más de 40 grados, en Zimbabue existe una edificación que imita este tipo de sistema de refrigeración y fue edificado por Mick Pearce en el año 1996, este sistema permite que la edificación permanezca

fresca durante el día, utilizando una serie de poros que en la noche actúan como un sistema de absorción de aire frío y el cual se concentra en la noche, liberándolo durante el día, en horas de la tarde, unos ventiladores expulsan el aire caliente lo cual ayuda que ingrese el aire fresco.

Otros diseños inspirados en la naturaleza por la biomimética, se trata de unos lentes con visión nocturna, los cuales están inspirados en la visión de varios insectos, en este proyecto, se han unidos grandes empresas de tecnología e ingeniería como la Toyota, junto con los biólogos y matemáticos de la Universidad de Lund, donde estudian la estructura de los ojos de los insectos y mediante algoritmos e imágenes digitales intentan recrear la habilidad visual de los insectos (Ripper, 2020).

En los últimos años, el ser humano ha aumentado el uso de técnicas biomiméticas, en diferentes estructuras, existen múltiples ejemplos de esto, entre los que se mencionan, el diseño de turbinas y aerogeneradores que son más eficientes debido a que imitan las aletas de la ballena jorobada, o las células fotovoltaicas que están diseñadas a partir de lo que hacen las hojas de las plantas para captar la energía solar, también se pueden encontrar el diseño de hélices de ventiladores en impulsores, que se inspiraron en la piel de moluscos, con lo cual se reduce el ruido hasta un 75% y disminuye las necesidades energéticas en un 85%, el diseño de la pintura con propiedades hidrofóbicas, las cuales se estudiaron de la flor de loto,

el objetivo de esto era crear una superficie más fácil de limpiar y evitar que el agua dañe las superficies, trajes de baño inspirados en la piel del tiburón, para reducir la fricción de los nadadores olímpicos, todos estos diseños inspirados en la naturaleza, promueven a una sociedad que se basa en el conocimiento biológico de su entorno.

La importancia de esta ciencia de acuerdo con Blanco, L. (2020), se basa en que las condiciones actuales y futuras son complejas y muchos de los organismos vivos ya han solucionado los problemas climáticos de la actualidad, estudiar la naturaleza e imitarla, es una solución muy prometedora, siempre y cuando se cumplan los patrones establecidos por la misma naturaleza.

Además de esto Blanco, L. (2020), expone que la meta de la biomimética se centra en generar soluciones que aparte de agregar valor, origine soluciones más que sustentables biorremediables, es decir, soluciones que reparen y mejoren las condiciones ambientales actuales, orientando las nuevas investigaciones en el aprovechamiento de las tecnologías y la interacción entre varias ciencias.

En este sentido el grupo Santander en su informe del año 2023, informa que la naturaleza puede fácilmente guiar a los seres humanos a revertir el cambio climático, la contaminación y otros retos que aun los seres humanos no han sabido solucionar, aportando soluciones innovadoras, todo esto desde la perspectiva

evolutiva del hombre y buscando siempre la eficiencia de los procesos, por lo tanto, la naturaleza puede aportar en la mejora de cualquier sector industrial.

Es necesario dejar de ver a la naturaleza como un simple proveedor de materia prima o un depósito de desechos, es necesario observar detenidamente los sistemas biológicos ya que son los que tienen mayor tiempo de evolución y ha encontrado soluciones innovadoras que permiten la regeneración de los sistemas, además de ser sostenibles, por otro lado, si no centramos la atención en las soluciones que ofrece, se corre el riesgo de frenar la resiliencia de la naturaleza y se perderá el capital natural que queda.

4.3 Aplicaciones de la biología en la mejora de procesos industriales

Cuando se habla de las aplicaciones biológicas para la mejora de procesos industriales, es necesario hablar de biotecnología, entendiendo que las aplicaciones tecnológicas que deben aplicarse para que los organismos vivos, que es la espacialidad de la biología, modifican los sistemas biológicos con el objetivo de mejorar procesos y productos para un determinado uso, estas aplicaciones tecnológicas no son nuevas, de hecho hay investigaciones que muestran que 700 años antes de Cristo, en China, se encontraron restos de una bebida alcohólica a partir de la fermentación de

cereales, que de acuerdo a la historia, este sería el primer uso de los microorganismos para modificar y mejorar procesos industriales que hoy en día se siguen estudiando y modificando (Ostos-Ortíz et al., 2019).

Hoy en día el uso de microorganismos para mejorar procesos, acelerar procesos e incluso modificar procesos industriales es muy común, además de que las características y capacidades de los microorganismos les permite adaptarse de manera, rápida y fácil a los diferentes medios, mostrando muchas veces el camino a seguir para realizar modificaciones en el estilo de vida de los seres humanos, ayudando así a corregir muchos de los problemas que se tienen en la actualidad, por ejemplo, el control de los desechos, las modificaciones genéticas a las que se pueden adaptar los microorganismos, son capaces de acelerar el proceso de degradación de los residuos, incluso corregir los derrames ocasionados por la industria petrolera, además, muchos microorganismos pueden utilizarse en la industria de alimentos para acelerar los procesos y aumentar la producción de alimentos, entre otras aplicaciones viables, gracias a la biotecnología.

En cuanto a las aplicaciones industriales este mismo autor llevo a cabo una investigación, donde exponen varias de las aplicaciones de la biología en la mejora de procesos industriales, a continuación, se indican los resultados de la investigación realizada en el 2018 por estos investigadores:

- **Sector Agroindustrial:** se están utilizando diferentes microorganismos que actúen como pesticidas, esto evita el riesgo y los daños causados por los mismos, mejorando así la calidad del suelo, atacando solamente a los organismos y enfermedades objetivos y no destruyendo los sistemas biológicos beneficiosos, además de proteger las aguas y las personas que aplican estos pesticidas naturales, por otra parte, hay microorganismos que ayudan a las plantas y benefician el crecimiento y absorción de los nutrientes, ejemplo de estos microorganismos se tienen los simbióticos específicamente las rizobacterias.
- **Sector de combustibles:** los microorganismos pueden generar energía que desplaza la dependencia de combustibles fósiles, ejemplo de esto es el biogás, el cual se espera que cubre la demanda del 25% de las bioenergías utilizadas en un futuro, actualmente se encuentran numerosas investigaciones que permiten optimizar el proceso de la metanogénesis, utilizando la técnica de secuenciación genética, esto permitirá conocer la composición estructural de las comunidades de microorganismos.
- **Sector alimentación:** al tener una sobrepoblación, la industria de alimentos se ha enfrentado al desarrollo de nuevos alimentos a partir de microorganismos y la evolución de la biotecnología, obteniendo así, mejoras organolépticas, mejoras en las funciones nutricionales, entre otras, un

ejemplo del uso de estos microorganismos se tiene la levadura del género *Pichia*, que se utiliza en la fermentación del café para potenciar la calidad y el sabor, mediante la producción aumentada de acetato de isoamilo.

- **Sector ambiental:** en este sector, hay muchos estudios que indican la habilidad de las enzimas para degradar desechos, sin embargo, es necesario seguir estudiando y evaluando las enzimas para que puedan tener una mayor estabilidad en cuanto a las variaciones del pH y a las variaciones de las temperaturas, gracias a la evolución genética de los microorganismos se espera que aumente el número de los mismos que sean capaces de producir enzimas biodegradables, esto permitirá eliminar los residuos de fuentes de agua y de los suelos, como ejemplo de estas se tienen el uso de enzimas de producción microbiana como la lipasa, que se utiliza en el tratamiento de efluentes que contengan grasas.
- **Sector médico:** en el sector médico, la aplicación biológica viene dada por cuatro aspectos, la primera es el control de las enfermedades, segundo la elaboración de vacunas, la tercera es la producción de antibióticos y por último el cuarto aspecto es la elaboración de productos bioterapéuticos, como las hormonas, existen múltiples ejemplos del uso de la biología en este sector, por ejemplo, el control de enfermedades como el dengue, mediante la

modificación del mosquito *Aedes aegypti*, introduciendo un endosimbionte como la bacteria *Wolbachia*, lo cual permite reducir la vida del mosquito.

- **Sector de materiales:** gracias a la biotecnología, es posible obtener de los microorganismos diferentes materiales con usos muy versátiles, entre ellos se mencionan los bioplásticos, estos son similares a los plásticos obtenidos de la petroquímica, sin embargo, tienen la particularidad que son biocompatibles y biodegradables, además de que se pueden producir a partir de desechos líquidos o sólidos y se obtienen gracias a la acumulación de poliéster intracelularmente por los microorganismos, entre los usos que ha tenido este tipo de materiales, se ha visto un aumento en la construcción, considerando que mejoran la eficiencia energética.
- **Sector de biosensores:** aunque aún deben evaluarse para medir la eficacia de los mismos, los biosensores permiten detectar de manera rápida y precisa la concentración de una sustancia en análisis de diferentes campos, pudiendo detectar diferentes elementos como el cadmio, para monitoreo ambiental, la detección de metales pesados, entre otros.

4.4 Bioinformática y análisis de datos en ingeniería industrial

Se conoce como bioinformática, la ciencia que organiza, archiva, almacena y analiza datos que están relacionados con sistemas biológicos, para poder realizar estas funciones, requiere de herramientas como los softwares, con los cuales pueden manejar los datos y crear modelos, para evaluar las hipótesis e interpretar los resultados con un sentido biológico, el objetivo principal de la bioinformática es la organización de datos, con lo cual los investigadores puedan acceder a la información y de ser necesario registrar nuevas entradas, para así desarrollar herramientas que permitan analizar los datos (Almazar & Ciro, 2015).

Estos autores, explican que el hecho de que la bioinformática se haya desarrollado para analizar datos biológicos, no implica que está encerrada en el procesamiento de datos médicos, el campo de la bioinformática, puede trabajar sin problemas en áreas como el entretenimiento, áreas industriales e incluso la electrónica, lo que se busca con la bioinformática es obtener respuesta y soluciones a problemas cotidianos.

Como se mencionó anteriormente la bioinformática requiere de paquetes y herramientas computacionales para poder llevar su trabajo con eficiencia y eficacia, a continuación, se explican diferentes herramientas que utiliza la bioinformática: (Almazar & Ciro, 2015).

- Data Management: el manejo de datos es primordial y necesario para la evaluación de hipótesis, los cuales, necesitan formatos estandarizados, que permitan la identificación e intercambio de datos únicos en el mapeo de la información, además de interfaces comunes, con lo cual, se puedan integrar los procesos computacionales. El manejo de datos, se enfoca en tres aspectos principales, el primero es la información mínima, que es un listado de control con el soporte de los datos de diferentes experimentos o investigaciones, un ejemplo de este paquete es el Minimum Information for Biological and Biomedical Investigation (MIBBI), el segundo aspecto es el formato de los archivos, realiza una definición de la información que requiere ser almacenada, por lo general se utiliza el Extensible Markup Language (XML), por facilitar los procesos automatizados por un computador, el tercer aspecto en que se enfoca el manejo de datos es la ontología, la cual define la jerarquía y la relación entre los términos utilizados en las investigaciones, además de dar una única semántica en la anotación de la información, un ejemplo de esto es el Gene Ontology; el manejo de datos, debe tener herramientas que permitan analizar esos datos, por lo cual, existen muchas páginas web, tablas o sistemas de manejo de datos de laboratorio, que son los más comunes para clasificar la información, el problema está en que no todos los programas que adicionalmente

tengan la herramienta de análisis de datos, son soportados por los diferentes softwares, por lo cual, si lo que se quiere es construir una línea computacional, será necesario adquirir sistemas de manejo de procesos o WMSs, por sus siglas en inglés, esto habilita no solo el intercambio de información sino también la integración de los datos y la comunicación entre las herramientas.

- Red de interferencia de datos: utiliza algoritmos con lo cual infiere sobre las relaciones entre las entidades moleculares como las proteínas, los genes, entre otros, y han sido obtenidos en condiciones diferentes de condiciones experimentales, la red de interferencia de datos, se enfoca en evaluar la probabilidad de una hipótesis, mediante la evidencia experimental o la observación, para la evaluación de los datos, se pueden aplicar técnicas como la correlación de métodos, la regresión y el empleo de la información común, el reto que presenta la red de interferencia de datos, es buscar la solución de la sub-determinación, en donde el número de posibles interacciones pueda superar el número de medidas independientes.
- Deep Curation: para poder crear un mapa de interacción molecular que este bien detallado, con lo cual, se pueda integrar a gran escala la información de los flujos de datos, las bases de datos y la información de las publicaciones, es necesario realizar una depuración de datos, esta puede crear

un modelo, semimanual o manual que resulta fácil de manejar para los investigadores, a la cual, el investigador puede agregar sus propias hipótesis, donde se debe incluir un reporte racional para que esta sea beneficiosa. Entre los softwares utilizados para la depuración de datos se tiene, el KEGG, Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes, el Systems biology Markup Language.

- Plataforma integrada de Software: creada para guiar los esfuerzos de productividad para mejorar la calidad y la innovación en la industria, consiste en habilitar usuarios para que accedan a los datos desde cualquier punto del diagrama de flujo, para adaptar el proceso a las necesidades del usuario, permitiendo el incremento de la interoperatividad, con esto se permite disminuir los costos asociados con el uso de software incompatibles e independientes, por ende, el usuario utiliza su tiempo en crear conocimiento científico y no en la operación de varios softwares.

4.5 Desarrollo de materiales biocompatibles para aplicaciones industriales

En primera instancia, se debe dar a conocer los biomateriales, a los cuales, se les ha dado muchas definiciones, iniciando, por ejemplo, con la definición de que son materiales que utilizan los dispositivos médicos, que tienen la capacidad de interactuar con los sistemas biológicos, una segunda definición, viene dada por, la

sustancia o combinación de sustancias que tienen o no un origen natural que se utiliza como parte de o como reemplazo de un sistema, tejido u órgano, cumpliendo la función para la cual es destinada dentro del cuerpo humano, y la tercera definición, se expresa como un material de origen sintético, que reemplaza total o parcialmente un sistema biológico y que además está en constante contacto con fluidos biológicos.

En el campo de la industrial, un biomaterial, es un material que es apto para una gran variedad de aplicaciones, desde la fabricación de juguetes, hasta la construcción, la función de estos biomateriales industriales, es reemplazar a los productos derivados del petróleo, buscando mejorar las características y presentaciones, el más común dentro de los biomateriales industriales son los biopolímeros, que son alternativas para el reemplazo de los plásticos.

Los biomateriales, están compuestos por elementos muy específicos, como, por ejemplo, polímeros, naturales o sintéticos, cerámica, metales y materiales compuestos, además de estos, se pueden clasificar de acuerdo a la forma de contacto y a la duración que este tenga con el sistema biológico, teniendo entonces que existen biomateriales temporales y permanente, cuya localización puede ser fuera del cuerpo o dentro del cuerpo, en relación a la función que cumple el biomaterial con su entorno biológico, este se puede clasificar de tres maneras, de soporte, de tratamiento o de

diagnóstico, es posible encontrar biomateriales que se clasifican como medicamentos, considerando que estos pueden incluir algún tipo de fármaco o células vivas, cuando hay células vivas se les conoce como híbridos y si el biomaterial es capaz de responder a estímulos del medio biológico, se les denomina, biomateriales inteligentes.

Para que un material sea considerado un biomaterial, indica que debe cumplir con ciertos requisitos, entre los que se tienen:

- Aceptación del medio biológico, es decir, el biomaterial no puede ser rechazado por el sistema donde se va a utilizar.
- No deber ser un factor de riesgos para otras enfermedades como cáncer.
- No debe causar toxicidad.
- Mantener la estabilidad química en el tiempo, además de inerte, solo puede degradarse aquellos que estén diseñados para esa función.
- De acuerdo con la mecánica a la cual será sometido, este debe poder resistirla.
- El peso y la densidad del material debe estar acorde con el sistema que va a reemplazar.
- El diseño debe ser perfecto, considerando que muchos de estos biomateriales son utilizados en reemplazo de sistemas biológicos, esto implica que la forma y el tamaño, deben corresponder con el sistema a reemplazar.

- El costo debe ser el adecuado, además que debe ser de fácil reproducción.
- Debe resistir la fatiga a la que será sometido.

Serrano, D. (2017), indica que existen numerosas aplicaciones para los biomateriales, siendo el área de la medicina quien más ha aprovechado de la tecnología, ya que se han logrado diferentes compuestos y materiales que han resultado beneficiosos para la salud del ser humano, sin embargo, la industria no se queda atrás en el uso de estos biomateriales, el autor indica que la industria ha aprovechado esta tecnología en las siguientes áreas:

- Hidrolisis de la lactosa utilizando un gen sintético de β – galactosidasa, permitiendo que las personas alérgicas a este compuesto puedan consumir leche.
- Optimización de microorganismos para la obtención de productos activos, entre los cuales se tiene la *Escherichia coli*, con la cual se puede obtener licopeno, pigmento que tiene propiedades anticancerígenas, o el *Corynebacterium glutamicum*, que optimizado aumenta la producción de lisina, el cual es un aminoácido esencial para la alimentación de animales y humanos, otro microorganismos que se aprovecha mejor una vez optimizado es el *Aspergillus terreus*, este se usa para sobre-expresar la lovastatina, que es un antibiótico.

- También se han utilizado en la elaboración de productos derivados de los animales como, por ejemplo, cuero, carnes vegetarianas, sustituto de huevos, siendo estas imitaciones de productos alimenticios, que no requieren del animal, por otro lado, también se han desarrollado técnicas que permiten obtener carne cultivada, para la cual no se requiere del sacrificio de un animal.
- En la producción de cuero animal, donde no se requiere del animal.

La producción de alimentos como la carne de hamburguesas a partir de células madres, ha sido uno de las innovaciones de los biomateriales que mayor impacto tiene, no solo a nivel del uso de la biotecnología, sino que además minimiza el impacto ecológico que tiene la producción intensiva de ganado para consumo humano, entendiendo que al producir carne a partir de células madres, utilizando biomateriales, que permiten replicar las células del tejido muscular del ganado bovino en un espacio mucho más reducido, sin la necesidad de agua abundante, sin el exceso de tierras para poder mantener un rebaño capaz de mantener el consumo de carnes a nivel mundial, además de utilizar otras especialidades de la biotecnología como son las bioimpresoras, las cuales se utilizan para dar forma al alimento una vez que se tiene un lote de producción, sin embargo, esto pudiera traer repercusiones económicas para aquellos países donde la economía depende de la producción de carne vacuna.

Por otra parte, expone Serrano, D. (2017) que existen beneficios sustanciales el proceso de producción de carne cultivada, entre ellos se menciona, el hecho de no realizar el beneficio de animales para el consumo humano, se evitan las enfermedades de transmisión alimentaria por *Salmonella*, *Escherichia coli*, o el riesgo de contraer la enfermedad de las vacas locas, además de minimizar el uso de grandes extensiones de tierra para producir alimento para animales, para mantener rebaños de ganado y el uso excesivo de agua, considerando que para que un animal convierta el alimento en un (1) kilogramo de carne, se requieren nueve (9) kilogramos de alimento para animales, más dos mil (2000) litros de agua.

Además de esto, se pueden encontrar otros biomateriales, como por ejemplos los bioplásticos, los cuales cuentan con propiedades similares a los plásticos convencionales, sin embargo, son biodegradables, además de que pueden ser descompuestos por bacterias, bien sea en el agua o en el suelo, por otra parte, el proceso de fabricación de este tipo de bioplásticos, genera menos gases tóxicos hasta un 80% menos, hasta ahora, se pueden mencionar varios métodos de obtención de estos bioplásticos, el primero se obtiene a partir de la glucosa, la cual es sintetizada por algunas bacterias hasta obtener el polihidroxibutirato, el segundo método, utiliza como materia prima el almidón de maíz y se obtiene el polímero biológico, otro de los métodos consiste en la síntesis de monómeros, utilizando procesos biológicos con bacterias genéticamente modificadas para realizar la transformación de

materias primas renovables, así se obtiene químicamente polímeros como el ácido poliláctico, el ácido hidroxipropanoico y el polímero que se utiliza de manera industrial para la fabricación de automóviles y envases, este es derivado de 1-3 propanodiol.

También, se pueden encontrar telas a base de seda de araña, siendo este un material altamente resistente, flexible además de liviano, donde las empresas biotecnológicas han logrado modificar genéticamente a los gusanos de seda para que esta sea similar a la de la araña, así también existen cabras que en la leche producen la proteína de la seda.

4.6 Integración de sistemas biológicos en procesos industriales de producción de energía.

El cambio climático, la degradación de las fuentes de energía tradicionales, como el petróleo, el gas y el carbón, han tenido un impacto importante en la búsqueda de nuevas fuentes de energías que permitan mantener el curso de la vida actual de los seres humanos, estas fuentes de energía son renovables y se les conoce como bioenergía y las principales fuentes actuales de este tipo de energía renovable son, el biogás, el etanol y el biodiesel, hay lugares del mundo como por ejemplo la Unión Europea, donde este tipo de energía ya cubre el 60% de la energía consumida, esto equivale al 10% del consumo total de Europa (López Giménez, 2019).

Es importante de acuerdo con López, F. (2020), realizar una diferenciación de conceptos entre biocombustible, biomasa y bioenergía, aunque están relacionados entre sí, presentan diferencias significativas entre ellas, por ejemplo, la biomasa aporta el carbono orgánico del planeta, su producción es constante, utiliza como recurso energético los residuos agrícolas, forestales, los residuos animales y humanos y cultivos que son destinados para la biomasa, mientras que los biocombustibles, son productos originados de la biomasa, que luego de ser tratados por procesos termodinámicos, biológicos o mecánicos, se obtiene el producto, el cual puede ser sólido, líquido y gaseoso, por último, la bioenergía, es la que se obtiene a partir de los biocombustibles. En términos más sencillos, la biomasa es la materia prima para los biocombustibles y los biocombustibles es la materia prima para la bioenergía.

Como se mencionó anteriormente, los biocombustibles, pueden encontrarse en tres estados de la materia, sólidos, líquidos y gaseosos, siendo los biocombustibles sólidos, aquellos que se pueden producir directa o indirectamente desde la biomasa, se transforman a través de procesos comúnmente mecánicos, como el secado, molienda, astillado, y pueden ser usados directamente en la conversión energética, entre los biocombustibles sólidos se tienen, la leña, el hueso de la aceituna, las astillas de madera, el orujo de uva seco, entre otros y se utilizan para producir electricidad y calor.

En cuanto a los biocombustibles líquidos, se pueden utilizar en vehículos de motores, siendo capaces de sustituir los combustibles fósiles, se obtiene mediante transformaciones específicas de la materia vegetal, este tipo de combustible, también se le conoce como biocarburantes y se clasifican de acuerdo a las materias primas empleadas y el tipo de tecnología utilizado, teniendo entonces biocarburantes de 1era, 2da, 3era y 4ta generación a continuación se especifica cada una de ellas.

- 1era generación: las materias primas empleadas, provienen de cultivos que tiene un destino de alimentación humana, por ejemplo, la caña de azúcar, cereales, cultivos oleaginosos, entre otros, otras materias primas empleadas en estos biocarburantes son las grasas residuales tanto animales como vegetales, en relación a los procesos de transformación utilizados, se puede decir que, comúnmente se llevan a cabo procesos de fermentación, tanto alcohólica como anaeróbica y procesos de hidrogenación y transesterificación, entre los biocarburantes obtenidos en la 1era generación se tienen el bioetanol, el biogás, hidrobiodiesel, el biodiesel, entre otros, lo importante es que la obtención de este tipo de biocarburantes, se encuentra en una etapa avanzada en relación a su aplicación.
- 2da generación: nacen por la necesidad de obtener biocarburantes en zonas donde obtener productos como la grasa y los azúcares no son materias primas de fácil acceso,

teniendo que emplearse técnicas de producción de biocarburantes más avanzadas y materias primas diferentes, como las lignocelulósicas, mediante el proceso de transformación Fischer-Tropsch dan origen a él biohidrógeno, el syngás, el biobutanol, diésel sintético, el biometanol y a los bioaceites, la obtención de los biocarburantes de segunda generación, permite ampliar el rango de materias primas y estos cuentan con una ventaja competitiva, porque no compite con cultivos alimentarios para obtener materia prima.

- 3era generación: la principal característica de los biocarburantes de 3era generación, es que utiliza materias primas de origen vegetal pero que han sido modificados genéticamente con técnicas de biología molecular, para poder maximizar el uso de las materias primas, por ejemplo, para obtener etanol, se ha modificado genéticamente el árbol utilizado, para que su contenido de lignina sea bajo, esto minimiza los costos de pretratamiento, otro ejemplo es el maíz modificado con celulasas integradas, otra materia prima utilizada en este tipo de biocarburantes, son unas algas muy específicas que son capaces de almacenar grandes cantidades de lípidos en sus células, en cuanto al método utilizado para la obtención de los productos es el mismo que se utiliza en la 2da generación de biocarburantes.

- 4ta generación: utiliza las mismas materias primas de la 3ra generación, pero su proceso de obtención de producto es mucho más avanzado, obteniendo y almacenando el carbono, no solo de la materia prima, sino también de proceso tecnológico.

Existe una clasificación denominada biocarburantes avanzados, que de acuerdo a la European Industrial Bioenergy Initiative, que son los que se obtienen de materias primas de cultivos no alimentarias, lignocelulósicas, desechos industriales y residuos de corrientes donde las emisiones de CO₂ son bajas y el impacto sobre el uso de la tierra es bajo. Los productos obtenidos en este tipo de tecnología y materias primas utilizadas, pueden ser similares a los obtenidos en los biocarburantes de primera generación, también se puede obtener un biocombustible diferente como el BioDME, la ventaja de este tipo de biocombustible, es que no compite con los cultivos de uso alimentario, además de que se consideran más sostenibles, entendiendo que la materia prima y los procesos de obtención de producto reducen los niveles de gases de efecto invernadero.

Anteriormente, según López, F. (2020), se indicó que, el bioetanol, el biogás y el biodiesel, son los principales biocombustibles en la actualidad, donde el bioetanol, se obtiene de procesos de fermentación de azúcares de materias primas como los cereales, productos celulósicos y productos azucarados, utilizando

la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, cuando se utiliza productos celulósicos y amiláceos, es necesario realizar un pretratamiento de la materia prima utilizando la molienda con el objetivo de exponer la mayor superficie de materia prima al tratamiento, dentro de los tratamientos aplicados para obtener el bioetanol se encuentra la hidrólisis enzimática y la hidrólisis ácida, siendo la hidrólisis enzimática mucho más recomendada debido al ahorro de energía, al ahorro en la inversión y que el proceso es mucho más fácil de controlar.

El uso del etanol, bien sea en mezclas o puro, exige que se realicen ciertas modificaciones a los motores, en cuanto a la mezcla con isobuteno, se obtiene un compuesto denominado etil ter Butil éter (ETBE), el cual es utilizado como aditivo en las gasolinas sustituyendo al plomo tetraetilo, ayudando a mejorar el poder antidetonante, por otra parte, siendo este compuesto oxigenado, disminuye las emisiones de monóxido de carbono y mejora la combustión.

En cuanto al biodiesel, este es un éster, que es similar al vinagre que se obtiene de aceites vegetales, como la palma, la soja o el girasol, sin embargo, estas no son las únicas en poder utilizarse, existen otras especies vegetales de las cual se puede extraer, incluso con el auge de reciclaje de los aceites utilizados en la fritura de alimentos, este tipo de aceite usado también funciona como materia prima, el proceso ocurre después de la depuración de los

aceites, en la etapa de transesterificación, en la cual se sustituye el glicerol (alcohol del aceite vegetal), por alcoholes más simples como el etanol, el metanol, entre otros, esta transformación química, da como resultado la obtención de ésteres grasos como los metílicos o etílicos, entre otros. Ídem

Esta reacción química, explica López, F. (2020), transforma las moléculas de triglicéridos en moléculas de ácidos grasos, donde las primeras son grandes y ramificadas, mientras que las segundas son lineales, más pequeñas y no ramificadas, con propiedades tanto físicas como químicas similares al gasóleo mineral.

Existe una característica muy relevante en la reacción, y es que se puede observar dos fases claramente diferentes, la fase inferior de la reacción está compuesta por glicerina, mientras que la superior se encuentra el biodiesel, esto facilita la separación de los elementos por densidad, una vez obtenido el biodiesel, este se analiza para caracterizarlo y comprobar que cuente con las especificaciones de comercialización, para así poder utilizarlo en motores de ignición por compresión y en calderas de calefacción, se puede utilizar puro o realizando mezclas a diferentes concentraciones con gasoil.

López, F. (2020), explica que, para obtener biogás, es necesaria la fermentación anaeróbica de los residuos húmedos de la biomasa, obteniendo un 40% de dióxido de carbono y un 60% de gas metano, esta proporción va a depender estrictamente de la composición de la materia prima, además si hay presencia de ácido sulfhídrico, se

presentan problemas ya que este gas suele ser muy corrosivo. El poder calórico de este combustible es menor, por lo cual la potencia de los motores que usan este combustible es menor, por otra parte, la densidad del gas es menor, lo cual causa que la autonomía sea inferior a los motores que utilizan gasolina o gasoil, una de las alternativas para poder aumentar el poder calórico del biogás, es eliminar el dióxido de carbono, sin embargo, este se puede utilizar como combustible para generar electricidad y calor.

Cuando se utiliza materia prima seca, es decir, residuos forestales o agrícolas secos, se obtiene un compuesto llamado gas pobre o gasógeno, para lo cual, se utiliza el aire como gasificante y el producto es un gas que contiene una mezcla de monóxido de carbono en proporción de 20-30%, hidrógeno en proporción de 10-25%, dióxido de carbono en proporción de 2-15%, metano en proporción de 0-4%, quedando el restante en nitrógeno, para poder utilizarlo, se debe mezclar con gasoil al 10%, pudiendo ser utilizado en motores de gasoil y gasolina. Utilizando este gas pobre, es posible producir electricidad mediante el acople de microturbinas a la salida de los reactores.

Existe otro gas, al que se le conoce como gas de síntesis, compuesto en su mayoría por monóxido de carbono, hidrogeno y metano, se obtiene de la gasificación de la biomasa y carbón, pudiendo utilizar vapor de agua u oxigeno como agente gasificante, dependiendo de la técnica de extracción se pueden obtener

diferentes productos como, por ejemplo, hidrógeno, alcoholes, aldehídos, hidrocarburos, gasolina sintética o diésel que puede ser utilizado en motores de combustión interna. López, F. (2020)

Actualmente, la industria química trabaja en refinerías que procesan el petróleo y el gas natural, donde existen unos 2500 productos que tienen su origen en materia prima fósil, esto implica que la industria química, utilice entre el 7-8% del consumo mundial de hidrocarburos, bien sea en estado líquido o gaseoso, en este sentido, el uso de la biomasa cobra un gran interés para poder obtener energía, esperando el momento en que esta pueda sustituir el combustible fósil de manera significativa para poder decir que esta es realmente sostenible en el tiempo.

La visión es que los productos generados a partir de la biomasa se puedan procesar en refinerías actuales, bien sea para producir por separado los diferentes productos, o para producir todos en una sola instalación, en este sentido se tendrían dos tipos de biorrefinerías, una donde se lleve a cabo la producción energética y la otra donde se produzca compuestos de alto valor añadido, como se ha visto anteriormente, el tipo de biomasa rige los procesos y pasa lo mismo con la clasificación de las biorefinerías, teniendo entonces cuatro tipos de biorefinerías que se explican a continuación:

- Biorrefinerías de semillas oleaginosas: utilizando cultivos con alto contenido de aceite, como por ejemplo la colza, la soja

y el girasol, estas instalaciones se dedicarán a la producción de biodiesel, de allí se pueden obtener otros productos como la glicerina y productos con alto contenido proteico destinados a la alimentación, mientras que la glicerina puede ser utilizada en múltiples sectores industriales, como el farmacéutico, el cosmético, para la elaboración de jabones, humectantes, lubricantes, entre otros, es importante destacar que la visión es utilizar plantas que no se utilicen como materias primas del sector alimentario, como por ejemplo, la palma africana.

- Biorrefinería verde: como su nombre lo indica, utiliza como materia prima biomasas con alto contenido de humedad como los pastos y cultivos verdes, entre los que se menciona, la alfalfa y el trébol, también puede utilizar los cereales en brotes, además de esto, puede utilizar materias primas como la yuca, la patata, la caña de azúcar y la remolacha azucarera, siendo esta última la de más fácil instalación y desarrollo de este tipo de refinerías, considerando el proceso de obtención de azúcar donde se obtienen dos líneas de producto, una es el jugo prensado y la torta prensada. Del jugo prensado se puede obtener etanol y algunas proteínas, mientras que, de la torta prensada, se puede obtener biocombustibles sintéticos o utilizarse para producir ácido levulínico y pelets. Por otra parte, los residuos obtenidos de

estos procesos, pueden utilizarse para la obtención de biogás, pudiendo producir calor y electricidad.

- Biorrefinería del cereal: utilizando como materia prima plantas con alto contenido de almidón como el trigo, la cebada y el maíz, estas industrias se dedican a la producción de etanol, además que originan subproductos que pueden ser utilizados en la alimentación animal, además de originarse elementos con alto contenido de fructosa, almidón y dextrosa, que al ser procesados pueden dar origen a otros productos con valor comercial, como plásticos, pegamentos, adhesivos, entre otros.

- Biorrefinería de material celulósico: corresponde al procesamiento de los componentes de la biomasa lignocelulósicas, como la celulosa, hemicelulosa y la lignina, a través de procesamientos termoquímicos y bioquímicos, donde el sector forestal puede aprovechar este tipo de instalaciones, en especial el sector papelerero. Las dificultades que presenta la instalación de este tipo de refinerías, es el pretratamiento de la materia prima, siendo esta la etapa más costosa y la menos desarrollada debido a la gran variedad de materia prima, lo cual ha hecho imposible la estandarización del proceso, sin embargo, al lograr mejorar los procesos, se podrá obtener una gran variedad de productos como el bioetanol, dispersantes, pinturas, adhesivos, entre otros.

Como se ha podido observar, la integración entre los sistemas naturales y los sistemas de la ingeniería humana, puede ser la solución a los problemas medioambientales que se están originando actualmente, quizás no sea tarde para enfocar las soluciones y se pueda dar marcha atrás a las adversidades causadas gracias al cambio climático, sin embargo, es importante resaltar que los avances en este tipo de estudios se están dando con pasos muy lentos en América Latina, lo cual puede ser contraproducente si se quiere un cambio real a nivel mundial.

Es necesario fomentar la investigación en el sector de nuevas fuentes de energía y mejorar las fuentes renovables que se tienen en la actualidad, además de fomentar en la sociedad una cultura de cambio respecto al mal uso de la energía, porque nada se hará con cambiar las principales fuentes de energía si el ser humano no cambia la mentalidad y el uso consciente de los recursos naturales.

La naturaleza dicta el camino que debemos seguir, ha sido el hombre quien ha desvirtuado y mal interpretado las señales, si bien es cierto que en muchos aspectos el cambio y el daño a la naturaleza ha sido irreversible, es importante considerar que mientras haya una oportunidad de revertir los daños, se tiene que aprovechar.

CAPÍTULO 5. CASOS DE ESTUDIO INTERDISCIPLINARIOS

5.1 Introducción

La interdisciplinariedad, no es nueva, desde tiempos de Da Vinci, Aristóteles y otros grandes pensadores, los conocimientos eran integrados de manera global y se involucraban varias áreas del saber, no fue hasta Galileo y Newton donde el conocimiento tuvo un crecimiento tal, que se tuvo que dividir las áreas de conocimiento en diferentes disciplinas y aunque en su momento fue una gran evolución porque permitió estudiar a detalle y profundidad diferentes fenómenos naturales, la especialización de la ciencias y se llegó a alcanzar nuevos conocimientos científicos, esto no correspondía a la visión real del mundo, entendiendo que en la vida real, no ocurren problemas aislados y las soluciones no siempre vienen dadas por una única disciplina (Infante-Malachias & Araya-Crisóstomo, 2023a).

El entorno en que se desarrolla el hombre es interdisciplinar, es decir, que para que el hombre se pueda desenvolver adecuadamente dentro de su contexto social, laboral y familiar, debe eliminar las barreras disciplinarias y aprender a ser reflexivo y crítico para poder encontrar las soluciones, a los problemas que requieren que se integren diferentes perspectivas, disciplinas, quizás no sea necesario volver a los antiguas prácticas de Aristóteles o da Vinci, donde un solo hombre tenía conocimiento de varias

disciplinas, pero si es posible que varias personas puedan, aun teniendo conocimientos disciplinares, trabajar en conjunto en búsqueda de un fin común (Fragoso Fragoso et al., 2017).

El mundo actual, exige cambio en la manera que vemos las ciencias exactas como la ingeniería, no se puede percibir como una rama aislada de la evolución y el crecimiento económico de una nación, más aún cuando existe la ingeniería industrial, donde el campo de acción abarca tantas disciplinas como ámbitos del desarrollo del ser humano, no solo para el desarrollo del mismo y sus capacidades, sino también debe tener como prioridad la protección del medio ambiente y como revertir el daño causado, haciendo de la empresas cada día más sustentables para el desarrollo de las próximas generaciones, más cuando eso ha demostrado la naturaleza y la biodiversidad de ecosistemas que maneja y trabajan de manera equilibrada para que todos puedan coexistir (Gómez, 2020).

Si se quiere definir la interdisciplinariedad, se puede decir que esta es una filosofía que se aplica en el trabajo y se manifiesta como un proceso articulador y por excelencia dinámico que integra una gran variedad de disciplinas, generando verdadera reciprocidad, donde se consiguen soluciones a problemas complejos y reales de la sociedad, de esta manera, la interdisciplinariedad viene a establecer acuerdos entre las disciplinas para poder evaluar los problemas del día a día tal cual como son, no haciendo que encajen

en una disciplina única que quizás no resuelva el problema del todo o que no evalúe todas las aristas de la situación, creando a futuro un problema o varios problemas nuevos (López et al., 2017).

Los ingenieros industriales tienen que desarrollarse en diversas áreas dentro de una organización, no solo se enfocan en el proceso, sino también en áreas como la ergonomía laboral, la investigación de operaciones, la simulación de proceso, el diseño de nuevos productos, la ingeniería ambiental, la logística de las operaciones, entre otras disciplinas a las que actualmente se le unen la robótica, la inteligencia artificial y sobre todo la sustentabilidad de la empresa, con el uso adecuado de los recursos naturales y de la preservación del medio, por lo cual, deben buscar alternativas que traten de reactivar la naturaleza y aprender de los procesos evolutivos naturales, realizando procesos industriales que se adapten al medio, quizás de la misma manera en que buscan que un puesto de trabajo se adapte a la persona que allí va a cumplir sus labores (González-Hernández & Granillo-Macías, 2020a).

Hacer énfasis en que la interdisciplinariedad es el camino a encontrar nuevas y mejores soluciones a los problemas actuales, no es sinónimo de que las disciplinas individuales tengan que desaparecer, en realidad es todo lo contrario, las disciplinas individuales son la base para que la interdisciplinariedad pueda tener lugar en el mundo actual, se requiere especialistas en los diferentes ámbitos del conocimiento, los cuales van a permitir el

entendimiento de fenómenos de manera individual para luego buscar soluciones globales (Infante-Malachias & Araya-Crisóstomo, 2023b).

Una de las variables que ha hecho que el mundo avance de manera vertiginosa en los últimos tiempos, ha sido la pandemia causada por el COVID-19, la cual mostró de manera dramática la interconexión entre todos los habitantes del mundo, sin excluir a la naturaleza, además del acelerado avance de las tecnologías y de la cuarta revolución industrial, donde todos los procesos deben estar interconectados, junto con la aparición de la Inteligencia Artificial, esto no deja de lado que deban evaluarse todos estos avances y las nuevas perspectivas desde el punto de vista ético (UNESCO, 2021).

Es por ello, que la ingeniería lleva la batuta de todo este crecimiento promoviendo la responsabilidad global, estableciendo el crecimiento de las innovaciones necesarias para el desarrollo de todos por igual, donde el desafío más relevante es hacer que las sociedades y los gobiernos creen conciencia sobre el uso racional de los recursos, no solo los naturales, sino también los tecnológicos. (UNESCO, 2021)

En el presenta capítulo, se estudiarán varios ámbitos de la interdisciplinariedad, entre los cuales se muestran los diferentes beneficios y desafíos que presenta la integración de las disciplinas, si son más las ventajas o las desventajas y los movimientos que debe ejecutar la interdisciplinariedad para poder abrirse camino en un

mundo enfocado en la especialidad disciplinaria, además de la ética y la responsabilidad que debe tenerse en cuenta a la hora de aplicar las tecnologías interdisciplinarias, conociendo que al trabajar un conjunto de disciplinas variables, puede que una de ellas imponga su visión de los problemas y se adjudique los avances interdisciplinarios.

Así como también, se estudiará la intersección entre dos disciplinas como la ingeniería industrial y las ciencias biológicas, las cuales, desde el inicio de las sociedades y las revoluciones industriales han mostrado una simbiosis de una disciplina con la otra en varios aspectos evolutivos, para finalmente estudiar varios casos de éxito de la interacción entre las disciplinas mencionadas y como el hombre puede aprovechar al máximo la interdisciplinariedad.

5.2 Beneficios y desafíos de la interdisciplinariedad

Para conocer los diferentes beneficios y los desafíos que presenta la interdisciplinariedad, es importante conocer un poco sobre el origen del término y el motivo por el cual surge, la interdisciplinariedad, es definida por primera vez en el año 1985, por la UNESCO, en ese primer momento, se conocía como la cooperación entre una variedad de disciplinas las cuales contribuyen a desarrollar un objetivo común, generando así, nuevo conocimiento, además de un nuevo lenguaje científico y educacional, creando una visión común y lo más importante, se

derribaron diferentes barreras disciplinarias, naciendo así disciplinas híbridas, es decir, que la interdisciplinariedad, es la relación que existe entre varias disciplinas donde ocurre una reciprocidad de conocimientos hasta alcanzar marcos conceptuales mucho más amplios haciendo que las disciplinas se vuelvan dependientes unas de otras y que tengan cualidades integrativas permitiendo una organización de conocimientos mucho más realista. (Araya-Crisóstomo et al., 2019)

Ahora bien, los beneficios que presenta actualmente la interdisciplinariedad, pueden mostrar otras rutas de conocimiento, sobre todo con las nuevas tecnologías que no estaban presentes en la época de los grandes filósofos como Aristóteles, a continuación, se presentan algunos beneficios de la integración disciplinaria:

- Impulsa el desarrollo científico y tecnológico, al evaluarse las tecnologías con dos o más disciplinas involucradas en el proceso, puede que se desarrollen nuevas y mejores ideas y que estas puedan ser ejecutadas gracias a la habilidad individual de cada miembro de un equipo interdisciplinario.
- Se estudia un mismo fenómeno desde varias perspectivas, permitiendo obtener una variedad de respuestas que mejoran la visión y el entendimiento del fenómeno, perfeccionando la realidad del mismo, de manera que no se obtiene una respuesta única del problema y se puede

mejorar la acción y ejecución de la solución de diferentes maneras.

- Los problemas afines, se pueden tratar desde varios métodos, teorías y lenguajes, permitiendo obtener mejores soluciones.
- Se promueve la comunicación académica, entendiendo que todos deben llegar a un lenguaje común, donde los universitarios, empezando por los educadores, pueden mejorar la calidad de la enseñanza académica, haciendo de los nuevos profesionales personas con criterio amplio que puedan aceptar las opiniones de disciplinas diferentes.
- Restauración de las disciplinas a nivel universitario, lo que promueve la integración del conocimiento, creando disciplinas híbridas que permitan integrar conocimientos científicos.
- Al poseer una visión integradora, se supera el fraccionamiento de la especialización y la superespecialización, evitando que estos especialistas quieran encajar los problemas interdisciplinarios en una sola visión.
- Promueve la comunicación entre diversas áreas del conocimiento, permitiendo que entre ellas se apoyen y aporten estrategias de solución prácticas, simples y reproducibles.

- Se establece un camino para la reunificación de la ciencia, de manera que todas trabajen de manera estandarizada.
- Se promueve el trabajo interdisciplinario, entendiendo que ninguna persona puede tener conocimiento de todo, por lo cual, se establecen equipos de trabajo integrados por personas de diferentes especialidades.

Entre los desafíos que enfrenta la interdisciplinariedad, se encuentra y quizás el más complejo de resolver, es el cambio de paradigma, es decir, trabajar en un campo donde hay muchos científicos y estudiosos que no logran entender la importancia de trabajar en un objetivo común de manera interdisciplinaria, esto ocurre, debido a que las disciplinas han enseñado por muchas décadas a que los problemas se resuelven de manera fácil y práctica y con interdisciplinariedad los problemas son complejos, porque se ven desde varios puntos de vistas, con soluciones diferentes y están sujetos a la realidad que nos rodea. Por ejemplo, los problemas sociales, no pueden ser abordados solo por la sociología, porque las sociedades interactúan en un medio ambiente, que está compuesto por un urbanismo, donde hay cierto nivel económico, un nivel educativo, entre otros factores que deben ser llevados a cabo por varias disciplinas para poder entender el comportamiento social. (Infante-Malachias & Araya-Crisóstomo, 2023b)

Por otra parte, el otro desafío que puede presentar la interdisciplinariedad, tiene que ver con los cambios curriculares

dentro de los centros educativos, donde el proceso tendría que venir desde la educación de los docentes y educadores, para llevar la información que se quiere transmitir a los estudiantes, de manera que se pueda cambiar el pensamiento disciplinar y formar personas críticas, capaces de ver los problemas y las soluciones con un enfoque interdisciplinar, donde entiendan que las disciplinas no tienen respuestas únicas a problemas reales, para ello, se requiere realizar una evaluación estricta y minuciosa de cada una de las materias para encontrar la convergencia entre ella, no solo desde el punto de vista educativo, sino también desde el punto de vista científico, donde se pueda establecer una comunicación efectiva entre lo que aprenden en las escuelas y el medio que lo rodea.

5.3 Ética y responsabilidad en la aplicación de tecnologías interdisciplinarias

Una de las definiciones más complicadas de conseguir un consenso entre autores, es la ética, entendiendo que muchas veces se asume como sinónimo de moral y aunque puede estar entrelazadas, no son lo mismo, siendo Aristóteles uno de los autores que adelantado a su tiempo dijo que la ética no podría considerarse una ciencia exacta, sin embargo desde el punto de vista de las ciencias sociales, si pudiera considerarse como tal, en este sentido, la ética es una ciencia social, que se basa en los principios filosóficos para buscar y construir una metodología del conocimiento

relacionado con la conducta moral de los seres humanos y como se interrelacionan socialmente en el tiempo presente, es decir, la ética es la ciencia filosófica que se ocupa de investigar la conducta de los seres humanos (López Giménez, 2019).

En este sentido, el uso de la tecnología, va a depender mucho del compromiso ético que tengan las personas que la manejan, un ejemplo simple, es el uso de las computadoras en los jóvenes, si bien es cierto que avanzan en ciertos ámbitos educativos, también es cierto que ha disminuido su contacto social, además de que han perdido el correcto manejo del idioma, por ende, el empleo correcto de la tecnología es el delicado punto entre lo ético y lo no ético, donde debe existir un ente regulador, en el caso anterior, serían los padres, educadores y comerciantes quienes dicten las pautas para el uso de ordenadores.

Las tecnologías, sobre todos las de información y comunicación, han invadido todos los espacios de la vida humana, además de que han causado severos daños en los valores individuales, afectando las relaciones humanas, los principios morales básicos, incluso el comportamiento social, entendiendo que hay mucha información que puede ser manejada por personas con bajos principios éticos y morales que pueden tomar ventaja de la información que se encuentra en las plataformas de comunicación e información.

En este sentido, ha sido necesario crear un concepto nuevo conocido como la tecnoética, la cual se encarga de investigar la

relación que tienen la ética y la moral relacionada a la tecnología en la sociedad actual, con lo cual se busca que la tecnología realmente pueda beneficiar a la sociedad en general y así proteger a la tecnología del mal uso que puedan darles las personas, para ello, recurre a una serie de discusiones que traen consigo una lluvia de ideas que permiten el entendimiento de las funciones de la nueva tecnología, sus objetivos dentro de la sociedad y la utilidad dentro de estas, enseñando así a utilizar la tecnología con responsabilidad y honestidad, entendiendo que esta es parte de la cultura actual y que se encuentra en constante cambio, los cuales deben y hacen de la vida un situación más fácil y transparente cuando se utiliza adecuadamente, el principal objetivo de la tecnoética es salvaguardar la tecnología de personas que no tengan escrúpulos y que puedan dañar a otras personas con las nuevas invenciones tecnológicas.

Las tecnologías interdisciplinarias, se desarrollan gracias al trabajo en equipo interdisciplinario, los cuales presentan diferentes desafíos éticos, que se pueden considerar en cierta forma naturales al trabajar en un entorno donde todos los involucrados hablan un idioma diferente, en lo que se refiere a especialidad disciplinaria, a continuación, se muestran las consideraciones éticas de los trabajos en equipo interdisciplinario:

- Problemas complejos: el inconveniente resulta de la incapacidad de ver los problemas con la perspectiva del

pensamiento complejo de la interdisciplinariedad, esto es causado por tendencia disciplinar que no alienta a ver los problemas desde un punto de vista único, tendiendo a simplificarlos al área en la cual nos especializamos, esto se puede evitar asumiendo la realidad como es, donde hay asuntos que están fuera de nuestro entendimiento y necesitamos al otro para poder resolver los problemas de la sociedad.

- Marco ético – político: las instituciones donde laboran equipos multidisciplinarios, deben instituir espacios que propicien el acompañamiento, asesoramiento y la contención permanente para abordar situaciones complejas que puedan presentarse dentro del equipo, problemas asociados a los conflictos de intereses, la honestidad en los resultados, el respeto a la autonomía laboral, el secreto profesional, es decir, el manejo adecuado de las relaciones personales entre el equipo interdisciplinario, así tener un espacio, donde se pueda discernir sobre el problema que se está tratando, estableciendo acciones que sean coordinadas y además complementarias unas de otras.
- Coexistencia del equipo de trabajo: al tener diferentes disciplinas, el reto se encuentra en hacer que todos trabajen en un único objetivo, la interdisciplinariedad no implica que el conocimiento debe unificarse, esta implica en que las disciplinas se articulen y se interrelacionen para dar

respuesta a una realidad, esto implica que cada persona involucrada en el equipo de trabajo, pueda decir y aceptar las opiniones de los demás sin que esto cause conflicto de imposición de una de las disciplinas sobre las otras.

- Dialogo interdisciplinario: este apartado es vital para el trabajo de los equipos interdisciplinario, entendiendo que a partir del dialogo, se pueden generar nuevas corrientes de entendimiento, generando respuestas creativas, fortaleciendo el vínculo del equipo, para ello, cada miembro del equipo debe ser capaz de poder cuestionar sus propias creencias, generando flexibilidad y apertura sobre todo en aspectos que puedan desafiar la certeza de conocimiento individual, por lo cual, se hace vital el pensamiento colectivo dentro de los equipos interdisciplinarios.
- Colaboración en la resolución y abordaje de los problemas: para ello se requiere que cada una de las partes involucradas en la resolución del problema, mantenga una actitud de apertura, de escucha activa, de buen trato, evitando al máximo los conflictos, los cuales pueden surgir, cuando se quiere imponer la visión de cada uno de los integrantes del grupo interdisciplinar y no se acepta la visión de los compañeros, esto se logra cuando se sale de la zona de confort y cada uno sale del oficio individual, por otra parte, en el equipo interdisciplinario, se debe ver los conflictos y problemas como oportunidades de aprendizaje, donde el

saber individual y colectivo se articule correctamente y buscar una solución común al problema que se presenta.

- Toma de decisiones, consenso y divergencia: en los equipos interdisciplinarios, no se puede tomar las decisiones basados en la autoridad de una de las disciplinas, debe haber un consenso entre todos los involucrados y debe haber una comprensión de la realidad basada en la totalidad de las visiones de cada disciplina, de lo contrario, la resolución del problema no será la adecuada.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, se puede ver que al hablar del desarrollo de la digitalización, las nuevas tecnologías que se presentan de manera rápida y con avances agigantados, el problema no se encuentra exactamente en el avance tecnológico como tal, sino en los valores y la moral que tengan las personas que están detrás del desarrollo tecnológico y que es lo que opinan acerca de la sostenibilidad ambiental, la igualdad de las personas, el equilibrio socioeconómico, porque está más que claro que la tecnología no se desarrolla por sí sola, hasta los momentos, por lo cual, los equipos interdisciplinarios deben evaluar, cual es el objetivo y el horizonte de lo que se quiere desarrollar con los nuevos avances tecnológicos, más cuando la privacidad de las personas está pasando a un segundo plano, gracias a la sociedad en la que vivimos, donde todo se sabe gracias a la hiperconectividad, por ende, las universidades deben desarrollar un carácter humanista en los

nuevos profesionales, que permitan establecer la ética y la moral en los equipos interdisciplinarios (Romero-Yesa et al., 2022).

5.4 Intersección entre la Ingeniería Industrial y las Ciencias Biológicas

Las ciencias biológicas y la ingeniería industrial, tienen una relación bastante estrecha, aunque sea difícil de creer, si comparamos ambas disciplinas, se puede observar su relación y como se interconectan para dar forma a lo que se conoce como calidad de vida, si bien es cierto que la ingeniería industrial, se encarga de mejorar los procesos, el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, realiza una integración entre el conocimiento, las máquinas y el hombre, las ciencias naturales, hacen lo mismo con la naturaleza, donde realiza una mejora de los ecosistemas, integrando en perfecto equilibrio, la biodiversidad de los hábitats, incluyendo al hombre, por otro lado, las ciencias biológicas permiten el estudio de las materias primas que se utilizan en la industria y la ingeniería industrial, estudia cómo aprovechar al máximo los recursos obtenidos de la naturaleza, más cuando las ambas disciplinas se unen para dar paso a la evolución de las disciplinas y se han creado disciplinas híbridas como por ejemplo, la biotecnología, la biología molecular, la ingeniería biotecnológica, entre otras, que lo que hacen es combinar ambas ciencias para sacar

un mejor provecho de los conocimientos (Araya-Crisóstomo et al., 2019)

Por otra parte, la ingeniería industrial tiene un campo de trabajo muy amplio, este incluye la seguridad y salud en el trabajo, mientras que las ciencias biológicas estudian los microorganismos que pueden afectar la salud del ser humano, en este sentido, aparece otra relación importante entre las ciencias biológicas y la ingeniería industrial. (González-Hernández & Granillo-Macías, 2020b).

Así como este ejemplo existe una amplia relación entre ambas disciplinas, entre las que se pueden mencionar, la manera en que ambas indican como es su proceso evolutivo, se entiende que la biología para que exista debe replicar una célula de un antepasado, de igual manera, la ingeniería industrial para poder mejorar un proceso, debe existir un proceso que estudiar y mejorar; en relación a la biodiversidad, las ciencias biológicas estudian miles de ecosistemas y quizás hay otros miles desconocidos por el hombre, en este sentido la ingeniería industrial tiene un campo de aplicación muy extenso y abarca desde el desarrollo y creación de puestos de trabajo, pasando por la capacitación del personal, estudiando la cadena de suministros, comercialización, mejora continua del proceso, en fin, esta tiene un amplio abanico de ecosistemas industriales que debe analizar para poder mantener un equilibrio dentro de la empresa, tal como lo hace la biología en la naturaleza. (Gómez, Jorge, 2020)

Aunado a esto, como se mencionó anteriormente, cuando ambas disciplinas se fusionan como es el caso de la biotecnología dan paso a nuevas y mejoras dentro de la industria, una de los procesos más efectivos en que ambas disciplinas han trabajado en pro de la humanidad, es en el tratamiento de los desechos generados en la industria, en este proceso ambas dan lo mejor de sí, una para encontrar el mejor uso de los microorganismos que minimicen la carga contaminante de los residuos y la otra en pro de mejorar el proceso, haciendo que este se realice en el menor tiempo posible y con los mejores resultados para el medio ambiente (Muñoz-Miranda et al., 2019).

5.5 Casos de éxito

Existen numerosos casos de éxito entre la simbiosis de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas, más en esta era donde las empresas, ya sea por conciencia social o para evitar sanciones gubernamentales, requieren aplicar estrategias que sean útiles para el tratamiento de sus desechos, sin dejar de lado la productividad y la mejora continua de sus procesos, incluso, muchas de las empresas ven en esos desechos un producto comercialmente oportuno y con miras a generar una ganancia adicional, tal es el caso de la empresa de tequila San Matías de Jalisco, la cual mejoró en todos sus aspectos el proceso productivo incorporando diferentes estrategias de mejora continua, además de la introducción de biorreactores

para tratar los desechos de la empresa y así obtener subproductos rentables a partir de los desechos, entre las estrategias aplicadas por la empresa para el mejoramiento de sus actividades se pueden mencionar, la planeación estratégica de sus operaciones, para ello, realizaron diferentes capacitaciones y el desarrollo de las competencias y habilidades de los empleados, además de un acercamiento de los empleados a la empresa, haciéndolos participes del crecimiento y desarrollo de la misma. Por otra parte, en pro de mantener la materia prima establecieron cultivo de la planta, cuidando siempre la biodiversidad de la zona, en relación al manejo de los residuos sólidos, establecieron enlaces con empresas que se encargan del tratamiento y reciclaje de los mismos, estableciendo y favoreciendo la comunicación con los colaboradores, aunado a esto, para tratar los residuos líquidos incorporaron un biodigestor con el cual controlan la cantidad de contaminantes que salen de la vinaza, además que se hacen responsables del medio ambiente que los rodea (Camberos, J., 2017).

Dentro de los desafíos de la interdisciplinariedad se encontraron los de índole académica, los cuales se enfocan en cómo crear profesionales interdisciplinarios, luego de décadas enfocados en estudios disciplinarios, en este sentido, la Universidad Católica de Chile, tras la creación de un programa interdisciplinario entre las facultades de Ingeniería, Ciencias Biológicas y Medicina crearon un programa en el cual, los estudiantes que se postularan y aprobaran

los requisitos exigidos por las facultades, pudieran obtener el título en ingeniería biomédica, lo cual les permite a los estudiantes que ingresaran al programa, obtener conocimientos de la ingeniería y la medicina, para aplicarlos en tratamientos novedosos, dando respuestas innovadoras que resuelvan problemas de índole médico en el país, esto es una oportunidad para la creación de profesionales integrales que pueden tener una visión mucho más amplia de los problemas de la sociedad (Universidad Católica de Chile, 2020).

El agua es el recurso natural no renovable máspreciado del planeta, de este depende la vida de todos los seres que habitamos la tierra incluyendo las plantas sin estas la vida sobre la tierra sería imposible, porque de ellas depende la regulación de la temperatura, el alimento, la conservación de los suelos entre otras funciones, en vista de su importancia y lo escaso del recurso, los productores agrícolas del municipio Ahome, en Sinaloa, han utilizado los recursos de la ingeniería y la tecnología para poder establecer un mejor uso del agua y así proveer a los cultivos de maíz, que es su principal fuente de ingreso económico, del vital líquido y que cada productor cuente con lo necesario para mantener el cultivo y tener una buena producción en la cosecha, entendiendo la actividad biológica del agua dentro del cultivo, como interactúa esta con el suelo, como es el proceso de transformación del alimento, mediante el uso de un software colaborativo, se pudo determinar en qué momento preciso la parcela requiere de riego, esto utilizando datos que varían de acuerdo al clima, a la disponibilidad de agua, entendiendo que a

pesar de que la zona cuenta con varias represas, todas no están destinadas al cultivo de maíz, además el software permite la lectura del crecimiento del cultivo y dependiendo de la edad del mismo y con los datos biológicos del consumo de agua de acuerdo a su estado fisiológico, puede determinar la cantidad de agua que requiere el cultivo en un momento determinado, por otro lado, la base de datos se actualiza y consulta el estado del clima en tiempo real, se puede decir que actúa como una inteligencia artificial, lo interesante de esta innovación es que puede replicarse en cualquier cultivo, siendo fácil y práctica para instalar además, en la zona han logrado ahorrar por cada hectárea sembrada uno dos mil metros cúbicos de agua, siendo aceptada la tecnología por el 80% de productores de la zona (Barrón, E., 2017).

Una de las preocupaciones del mundo actual es el cambio climático y como este afecta la calidad de vida de los seres humanos, sobre todo las alteraciones en las largas sequías que afectan los cultivos de todo tipo y la obtención de proteínas de buena calidad, en este sentido, las disciplinas han tenido que diseñar estrategias que permitan mejorar los cultivos a través de una propuesta que se denomina agricultura inteligente, tal es el caso del cultivo de uvas y arándanos en Chile, en la cual, han estado llevando a cabo el monitoreo de los cultivos a través de la espectrometría y la tecnología, para realizar el control y realizar la gestión de la calidad y de la producción de estos dos cultivos, haciendo frente al cambio climático, para ello, desarrollaron un equipo interdisciplinar que

involucraba expertos en el área agronómica, informáticos que pudieran desarrollar y manejar los software, la creación de la aplicación móvil y la plataforma web, con la cual se pudiera integrar los algoritmos, quimiométricos ópticos y que esto se pudieran visualizar a través del internet de las cosas, así lograron una optimización del proceso agronómico y un mejor rendimiento y calidad de los cultivos, adaptadas al cambio climático (Donnay, D., 2017).

Otra empresa que se ha visto beneficiada con interdisciplinariedad, es la industria del cacao, la cual, mediante el uso de biotecnología, la implementación de sistemas agroecológicos, el mejoramiento genético de las plantas para mejorar la resistencia a plagas, han logrado disminuir el uso de insumos externos a la zona de Chiapas, las mejorar en el cultivo, en el proceso y en la comunicación entre los agricultores de la zona, logró una disminución del 80% del costo de fertilización de las plantas, pero esto no perjudicó la producción, todo lo contrario, el aumento de la producción paso de 150 kg por hectárea a 500 kg de cacao por hectárea, por otra parte, el hongo que ataca a las plantas disminuyó en un 90% (Reyes, A., 2017).

Una vez finalizado el estudio, se puede observar que la interdisciplinariedad, viene en pro de dar aportes y respuestas a los problemas de la sociedad actual, esto no implica que lo que hicieron con el estudio disciplinar fuese un error, sino todo lo contrario, se

requiere de profesionales dedicados a una rama específica de estudio que pueda comprender y entender cualquier fenómeno desde su punto de vista, pero que además sea capaz de brindar sus conocimientos en pro de la solución de problemas complejos y que tienen carácter multidisciplinar.

Uno de los ejemplos puestos en la investigación y en los que todos debemos trabajar es el uso adecuado de la tecnología, porque como se explicaba anteriormente, el uso de computadores como herramienta de estudio, si bien ayuda y fortalece ciertas competencias, también suprime otras y entre esas se encuentra el contacto social, además, de lo peligrosa que pueden llegar a ser las tecnologías de información cuando caen en manos de personas que no tienen ética y moral.

En este sentido la tecnología por sí sola no tiene falta de ética, son los seres humanos quienes la manejan y pueden utilizar los datos que se obtienen de ella para un bien o un mal común, entendiendo que los avances tecnológicos tienen el propósito de mejorar la calidad de vida de los seres humanos, no hacer lo contrario, sin embargo, se han visto casos donde la tecnología sobre todo las de comunicación e información se han utilizado para dañar a la sociedad, en estos casos es necesario la creación de entes reguladores del uso de la misma.

Parte importante de la investigación, es que muchos de los encargados de la educación de los futuros profesionales, ven la

interdisciplinaria como la solución que requieren todos los problemas actuales de la sociedad, ejemplo de esto, se encuentra en las oportunidades que se abren en Chile para que los estudiantes con interés en cursar carreras interdisciplinarias puedan optar a ellas, siguiendo una evaluación y criterios exigidos por las disciplinas involucradas en el proceso.

CAPÍTULO 6. RELACIÓN DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL CON LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

6.1 Introducción

La industria farmacéutica es uno de los sectores más importantes a nivel mundial, ya que se encarga de la producción de medicamentos que tienen un impacto directo en la salud y bienestar de la población. El progreso continuo de la ciencia ha propiciado relevantes descubrimientos científicos y avances tecnológicos que han potenciado la creación de medicamentos innovadores con mayor eficacia terapéutica y menos efectos secundarios. En esta industria, la labor de los investigadores en biología molecular, química y farmacología, ha permitido desarrollar fármacos más eficaces y específicos para el cuerpo humano, en beneficio de los pacientes. Algunas empresas se dedican a la producción a gran escala de productos químicos farmacéuticos, lo cual se conoce como producción primaria, mientras que la producción secundaria está orientada al uso médico y al consumo final, y se lleva a cabo siguiendo métodos certificados y reconocidos; aquí se incluye la fabricación de medicamentos en diferentes formas farmacéuticas como pastillas, cápsulas, soluciones inyectables, óvulos, entre otros (Márquez, 2019).

En este contexto, la ingeniería industrial juega un papel fundamental, ya que se encarga de optimizar los procesos de

fabricación, gestionar la cadena de suministros, diseñar instalaciones y equipos, controlar la calidad de los medicamentos y buscar constantemente la mejora continua a través de la innovación tecnológica. Primeramente, la optimización de procesos de fabricación es un tema clave en la industria farmacéutica, ya que los medicamentos deben cumplir con estrictos estándares de calidad y seguridad. La ingeniería industrial se encarga de identificar y eliminar cuellos de botella, mejorar la eficiencia de los procesos y reducir los tiempos de producción, lo que se traduce en una mayor productividad y rentabilidad para las empresas farmacéuticas (Bibilonia, 2022).

Otro aspecto crucial en la industria farmacéutica es la gestión de la cadena de suministros, ya que se encarga de garantizar el suministro de materias primas, componentes y productos terminados en el momento y lugar adecuados. La ingeniería industrial se encarga de diseñar y optimizar los procesos logísticos, implementar sistemas de gestión de inventarios y establecer relaciones sólidas con proveedores y distribuidores, lo que permite mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de entrega. La gestión de la cadena de suministros también contribuye a la reducción de costos y la mejora de la calidad de los medicamentos, lo que se traduce en una mayor satisfacción para los clientes (Toribio Gonzales, 2020).

Por otro lado, el diseño de instalaciones y equipos es un aspecto esencial en la industria farmacéutica, puesto que los medicamentos deben ser producidos en entornos controlados y seguros para garantizar su calidad y eficacia. En este sentido, la ingeniería industrial se encarga de diseñar y construir instalaciones y equipos que cumplan con los estándares de la industria farmacéutica, garantizando la integridad de los medicamentos y la seguridad de los trabajadores. Además, el diseño de instalaciones y equipos también contribuye a la reducción de costos, la mejora de la eficiencia y la optimización de los procesos de fabricación, lo que se traduce en una mayor competitividad para las empresas farmacéuticas.

Para que los medicamentos cumplan los estrictos estándares de calidad y seguridad que garanticen su eficacia en la salud de los pacientes, es necesario implementar el control de calidad y mejora continua. Nuevamente, la ingeniería industrial acompaña a la industria farmacéutica en la implementación de sistemas de control de calidad y en el establecimiento de procesos de mejora continua que permitan identificar y corregir posibles desviaciones o problemas en la producción de medicamentos. El control de calidad y mejora continua también contribuye a la reducción de costos, la mejora de la eficiencia y la satisfacción de los clientes, lo que se traduce en una mayor confianza en los medicamentos producidos por las empresas farmacéuticas (Laguna et al., 2024).

Como parte de la mejora continua en los procesos de producción, está la innovación tecnológica, la cual es un aspecto clave en la industria farmacéutica, debido a que permite mejorar la eficiencia, la calidad y la seguridad de los medicamentos a través de la implementación de nuevas tecnologías y procesos. La ingeniería industrial se encarga de identificar y aplicar las últimas tendencias en áreas como la automatización, la robótica y la simulación de procesos, permitiendo la optimización de la producción de medicamentos, disminuyendo los tiempos de entrega y los costos, mejorando la satisfacción de los clientes, aumentando la competitividad y fortaleciendo la creación de nuevos productos y servicios, lo que se traduce en un crecimiento sostenible para las empresas farmacéuticas (Sánchez, 2019).

La industria farmacéutica enfrenta desafíos y constantes cambios que requieren de soluciones innovadoras y eficaces, es aquí donde la ingeniería industrial se encarga de identificar y abordar los desafíos que surgen en la producción de medicamentos, como la escasez de materias primas, la competencia global y la regulación cada vez más estricta, lo que permite a las empresas farmacéuticas adaptarse a un entorno cambiante y aprovechar las oportunidades de crecimiento y expansión. Estos desafíos y oportunidades en la producción de medicamentos también pueden influir en la toma de decisiones estratégicas de las empresas farmacéuticas, lo que requiere de una visión global y una planificación a largo plazo para garantizar su éxito y sostenibilidad en el mercado.

En definitiva, la relación entre la ingeniería industrial y la industria farmacéutica es fundamental para garantizar la eficiencia, la calidad y la seguridad de los medicamentos producidos, así como para impulsar la innovación y el crecimiento sostenible de las empresas farmacéuticas. A través de la optimización de procesos de fabricación, la gestión de la cadena de suministros, el diseño de instalaciones y equipos, el control de calidad y mejora continua, la innovación tecnológica y la identificación de desafíos y oportunidades en la producción de medicamentos, la ingeniería industrial contribuye de manera significativa al éxito y funcionamiento eficiente de esta industria, apoyando a las empresas farmacéuticas a seguir desarrollando medicamentos seguros, eficaces y accesibles para la población.

En el presente capítulo, titulado “Relación de la Ingeniería Industrial con la industria farmacéutica”, se abordarán en profundidad estos diversos temas mencionados y que tienen que ver con la manera en que la ingeniería industrial contribuye al éxito y funcionamiento eficiente de la industria farmacéutica. Entre los temas que se analizarán se encuentra la optimización de procesos de fabricación, la gestión de la cadena de suministros, el diseño de instalaciones y equipos, el control de calidad y mejora continua, la innovación tecnológica en áreas como la automatización, la robótica y la simulación de procesos, así como los desafíos y oportunidades que se presentan en la industria farmacéutica, específicamente en la producción de medicamentos.

6.2 Optimización de procesos de fabricación

La optimización consiste en realizar acciones que permitan utilizar los recursos de forma más eficaz, mejorando así la eficiencia y el rendimiento en las organizaciones. En el ámbito empresarial, optimizar implica tomar decisiones que optimicen el uso de los recursos en la producción de bienes y servicios. Es esencial comprender que el propósito de la optimización en la industria es mejorar los resultados de la organización mediante la toma de decisiones que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos y una mejora en las actividades relacionadas con la producción. Desde la perspectiva organizacional, la optimización debe permitir a la empresa evaluar sus procesos empresariales para evitar errores que puedan impactar su capacidad productiva y de gestión, no solo enfocándose en la reducción de recursos materiales, sino también en la disminución del tiempo y la mejora en la capacidad de gestión. (Henríquez, 2023). Para llevar a cabo un proceso de optimización de manera eficaz, es fundamental seguir una serie de pasos que ayuden a evaluar el impacto en la toma de decisiones de la empresa. Estos pasos son los siguientes:

- **Definición de objetivos:** es crucial identificar los objetivos que se buscan alcanzar con el proceso de optimización, puesto que se requiere tener claridad en cuanto a los plazos, recursos y acciones que se llevarán a cabo en la gestión industrial.

- **Análisis de las actividades de la organización:** se debe realizar un mapeo y observación de las actividades que la organización ha establecido en su fase productiva, ya que esto permitirá comprender cómo estas actividades contribuirán al cumplimiento de los objetivos de la empresa.

- **Eliminación de procesos redundantes:** para lograr eficiencia, es necesario aprovechar al máximo los recursos, materiales, espacio y tiempo de la organización, para ello, es esencial eliminar cualquier paso o acción redundante con el fin de evitar la pérdida de gestión en la empresa.

- **Reevaluación de acciones:** es importante replantear las actividades y los procesos, especialmente aquellos relacionados con la fase productiva definida por la compañía.

- **Automatización de acciones:** es fundamental identificar las actividades que pueden ser automatizadas y estandarizadas en el proceso productivo, puesto que estas acciones ayudarán a reducir costos y mejorar el desempeño estratégico de la organización.

- **Monitoreo de los resultados:** se debe realizar un seguimiento constante de los resultados para asegurarse de que estén en línea con los objetivos establecidos por la empresa, lo que permitirá mejorar las actividades programadas en el futuro.

La ingeniería industrial, cuenta con una serie de herramientas que se utilizan para optimizar procesos de producción, entre las de

que destacan **5 S, Six Sigma, Kanban, VSM, Poka Yoke, Kaizen**, (Rodríguez Esquivel, 2020), entre otras. Cada una de estas herramientas tiene su propia utilidad y beneficios, por lo que es importante seleccionar aquellas que mejor se adapten a las necesidades específicas de cada empresa. Para una mayor comprensión de estas herramientas, en la tabla que se presenta a continuación se encuentran algunas de las definiciones.

Tabla 3. Herramientas de la ingeniería industrial para la optimización de procesos.

| Herramienta | Definición |
|-------------|---|
| 5 S | Las 5S en la metodología Lean son una técnica de gestión que se enfoca en mejorar la organización y limpieza en el lugar de trabajo para aumentar la eficiencia y reducir los desperdicios. Se refiere a las iniciales de 5 palabras japonesas: Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Normalizar) y Shitsuke (Disciplina). |
| Six Sigma | Es una metodología que busca reducir la variabilidad en los procesos para lograr resultados consistentes y de alta calidad. Su objetivo es lograr niveles de calidad tan altos que solo se permiten 3.4 defectos por cada millón de oportunidades. |
| Kanban | Se basa en el uso de tableros para visualizar el flujo de trabajo y limitar la cantidad de tareas que se pueden |

| | |
|-----------|--|
| VSM | <p>trabajar simultáneamente. Se centra en mejorar la eficiencia y la productividad, eliminando el exceso de trabajo y limitando la cantidad de tareas que se pueden trabajar al mismo tiempo, reduciendo los tiempos de espera e identificando cuellos de botella. Value Stream Mapping consiste en visualizar y analizar de manera detallada todos los pasos y actividades que se llevan a cabo en un proceso productivo, identificando aquellos que agregan valor al producto o servicio final y aquellos que no lo hacen.</p> |
| Poka Yoke | <p>Es un término japonés que se traduce como a prueba de errores y se refiere a un enfoque de prevención de errores en los procesos de producción o servicios mediante la implementación de medidas para evitar que estos ocurran o reducir la probabilidad de que sucedan.</p> |
| Kaizen | <p>Es una metodología japonesa que se enfoca en la mejora continua de los procesos, incrementando la productividad y la eficiencia. Se basa en la participación de todos los empleados, promoviendo la identificación de problemas y la implementación de soluciones a través de pequeños cambios incrementales.</p> |

Fuente: Rodríguez, (2020).

Todas estas herramientas han sido aplicadas con éxito en la industria farmacéutica, contribuyendo a la optimización de sus procesos de producción, como por ejemplo la aplicación de **5 S** para optimizar el área de almacén de una empresa farmacéutica, obteniendo la reducción del tiempo de entrega de despacho y alcanzando una eficiencia, eficacia y productividad mayor al 72 % o la implementación de la metodología **Lean Six Sigma** para mejorar la gestión de abastecimiento en industrias farmacéuticas (Cuellar Sánchez & Huaroto Justo, 2021). En definitiva, la industria farmacéutica se encuentra en constante búsqueda de mejorar sus procesos para garantizar la calidad y eficiencia de sus productos, es por esto que la aplicación de herramientas Lean en esta industria puede ayudar a identificar y eliminar desperdicios en los procesos, optimizar el flujo de trabajo y reducir los costos operativos.

6.3 Gestión de la cadena de suministros

La gestión de la cadena de suministros es el proceso de planificar, controlar y optimizar todas las actividades relacionadas con la adquisición, producción, almacenamiento y distribución de productos y servicios de una empresa. El objetivo principal de la gestión de la cadena de suministros es maximizar la eficiencia y la rentabilidad de la empresa, asegurando al mismo tiempo la

satisfacción de los clientes y es un proceso que abarca las siguientes áreas:

- Gestión de proveedores.
- Planificación de la producción.
- Gestión de inventarios.
- Logística de distribución.
- Gestión de la cadena de demanda.
- Gestión de la cadena de suministro sostenible.

Además, incluye la coordinación de todas estas funciones y la implementación de sistemas de información y tecnología para optimizar los procesos. En la industria farmacéutica, la gestión de la cadena de suministros es crucial para asegurar que los medicamentos lleguen de manera oportuna, segura y eficiente, por lo que algunas de las prácticas clave en esta gestión incluyen:

- Planificación de la demanda: prever la demanda de medicamentos asegura que haya suficiente inventario disponible en todo momento, por lo que es importante considerar factores como la temporada, tendencias del mercado y eventos especiales que puedan afectar la demanda de ciertos medicamentos.

- Gestión de inventario: es necesario mantener un inventario óptimo para evitar excesos o faltantes. Se deben tener en cuenta

aspectos como la fecha de caducidad de los medicamentos, el nivel de rotación y la demanda de cada producto.

- **Gestión de proveedores:** es importante establecer relaciones sólidas con los proveedores para garantizar la calidad de los medicamentos y la entrega oportuna de los mismos. También es fundamental evaluar constantemente a los proveedores para asegurarse de que cumplan con los estándares establecidos.

- **Logística y distribución:** la distribución de medicamentos debe ser eficiente y segura para garantizar que lleguen a los pacientes en condiciones óptimas, por lo que es importante contar con sistemas de seguimiento para monitorear el estado de los envíos y asegurarse de que lleguen a su destino en tiempo y forma.

- **Cumplimiento regulatorio:** la industria farmacéutica está altamente regulada, por ello, es crucial cumplir con todas las normativas y estándares de calidad vigentes. La gestión de la cadena de suministros debe estar en línea con estos requisitos regulatorios para asegurar la integridad y seguridad de los medicamentos.

En la industria farmacéutica, los laboratorios suelen enfrentar dificultades en el control de sus insumos, materias primas y empaques, lo que puede deberse a una deficiente planificación, que resulta en la expiración y obsolescencia de los productos, así como altos costos de almacenamiento innecesarios en toda la cadena de suministro, desde el proveedor inicial hasta el cliente final. En este

sentido, puede darse que el personal del departamento de logística carezca de la capacitación necesaria para gestionar eficientemente esta cadena, lo que ocasiona una baja rentabilidad y pérdida de cuota de mercado para los laboratorios farmacéuticos (Torres Murillo et al., 2024).

En este sentido, los principales indicadores de ineficiencia en las empresas farmacéuticas que afectan su rentabilidad en la cadena de suministro incluyen excesos de inventario, falta de producto que provoca la ruptura de ventas, entregas tardías, retrasos en la producción, falta de componentes y materiales, falta de coordinación entre ventas y atención al cliente, alta rotación de personal, carencia de procesos automatizados, escasez y coste de personal cualificado, entre otros, por lo que resulta complicado para los laboratorios cumplir con la entrega oportuna, en la cantidad y calidad adecuada, al menor costo, de acuerdo a la estrategia de la empresa. Por otro lado, el desabastecimiento de medicamentos es uno de los problemas comunes en las farmacias y servicios hospitalarios, lo remarca que la logística farmacéutica se enfrenta a desafíos cuando las empresas del sector buscan mejorar su cadena de suministro y aumentar la eficiencia de sus operaciones en momentos complicados. (Torres & Calsina, 2020).

En los últimos años, el cambiante entorno global de operaciones ha resaltado la urgencia de implementar nuevas estrategias para garantizar la continuidad de las cadenas de

suministro farmacéuticas. En el 2022, EY Pharma, lanzó un estudio que examinó diferentes enfoques para aumentar la resiliencia en este ámbito. A pesar de cierta estabilización en la cadena de suministro a nivel mundial desde entonces, la importancia de fortalecer la resiliencia sigue siendo primordial, puesto que las empresas se encuentran ante un escenario operativo complicado, con tiempos de entrega que aún no han alcanzado los niveles anteriores a la pandemia y desafíos constantes en cuanto a costos.

En el escenario empresarial actual, fortalecer la resiliencia de la cadena de suministro implica mejorar la eficiencia operativa, la confiabilidad, la agilidad y la velocidad de comercialización, así como obtener un mayor control sobre los riesgos. Por lo tanto, se está convirtiendo en una necesidad cada vez más crítica para la industria farmacéutica. Una de las herramientas más efectivas que la industria puede utilizar para aumentar la resiliencia es mejorar la visibilidad de la cadena de suministro. Al poder identificar posibles interrupciones en la cadena de suministro, las compañías farmacéuticas podrán reforzar su capacidad para implementar estrategias de mitigación. En un sentido más amplio, mejorar la visibilidad de la cadena de suministro ofrece a la industria una serie de beneficios (Stark & Zweig, 2023). Entre ellos se destacan ciertos logros potenciales evidentes:

- Mayor capacidad para responder a imprevistos y variaciones gracias a la mejora en la disponibilidad y precisión de los datos.

- Al abordar mejor las interrupciones en el suministro, las empresas también podrán reducir los costos operativos, como el capital necesario para mantener un alto nivel de inventario.

- El seguimiento de rutas de distribución y alertas permitirá a las empresas cambiar de enfoque para evitar retrasos significativos o incrementos de precios.

- Mejorar la inteligencia comercial y de cumplimiento ayudará a las empresas a proteger el comercio internacional y a estar al tanto de las sanciones y riesgos comerciales. Las empresas también podrán monitorear las listas de cumplimiento internacional y actuar en consecuencia para garantizar la conformidad de los proveedores.

La transparencia en la cadena de suministro permitirá a las empresas farmacéuticas entender y reducir su vulnerabilidad ante posibles riesgos. Se convertirá en un objetivo primordial que las compañías deberán alcanzar para desarrollar cadenas de suministro sólidas en los próximos años.

6.4 Diseño de instalaciones y equipos

El diseño de instalaciones y equipos en la ingeniería industrial comprende la planificación y diseño de los elementos necesarios para llevar a cabo un proceso de producción de manera eficiente y segura. Esto incluye la distribución de la planta, la selección de maquinaria y equipos, la planificación de flujos de materiales y

personas, el diseño de sistemas de almacenamiento, la distribución de espacios, entre otros aspectos. El objetivo principal del diseño de instalaciones y equipos es optimizar el uso de recursos, minimizar los costos de producción, garantizar la seguridad de los trabajadores y maximizar la productividad de la empresa. Para lograr esto, se deben tener en cuenta factores como la capacidad de producción, la ubicación de la planta, los requerimientos de los equipos, la ergonomía, entre otros.

La industria farmacéutica es un sector altamente regulado que requiere instalaciones y equipos específicos para garantizar la calidad y seguridad de los productos farmacéuticos. A continuación, se describen algunos aspectos a tener en cuenta en el diseño de instalaciones y equipos en la industria farmacéutica:

- Cumplimiento de normativas: es fundamental cumplir con las regulaciones y normativas aplicables en la industria farmacéutica, como las Buenas Prácticas de Fabricación (GMP) y las Buenas Prácticas de Laboratorio (GLP). Esto garantiza la calidad y la seguridad de los productos farmacéuticos producidos.

- Diseño higiénico: las instalaciones y equipos deben tener un diseño que facilite la limpieza y desinfección, para prevenir la contaminación cruzada y garantizar la calidad de los productos.

- Ventilación y control de temperatura: es importante contar con sistemas de ventilación adecuados para mantener la calidad del

aire en las áreas de producción y almacenamiento. Además, se deben tener sistemas de control de temperatura y humedad para garantizar las condiciones de almacenamiento adecuadas para los productos farmacéuticos.

- Seguridad y protección: se deben implementar medidas de seguridad para proteger tanto a los trabajadores como a los productos farmacéuticos, esto incluye sistemas de monitoreo, alarmas y controles de acceso a áreas restringidas.

- Ergonomía: el diseño de los equipos y las instalaciones debe tener en cuenta la ergonomía para garantizar la comodidad y seguridad de los trabajadores, así como para mejorar la eficiencia y productividad en la producción.

En el diseño de instalaciones farmacéuticas, el ciclo de vida de un proyecto para una planta de fabricación, incluye ingeniería conceptual básica y de detalle, la ejecución del proyecto, la construcción, la puesta en marcha y la cualificación y validación de los procesos. Además, se deben identificar los requisitos regulatorios asociados a los procesos de fabricación de medicamentos, establecer el alcance del proyecto y determinar los costos asociados. Para ello, en primer lugar, se deben analizar las necesidades de los procesos y productos farmacéuticos, definir los requisitos nacionales e internacionales que se deben cumplir, definir el layout con la correcta distribución, definir los flujos de personas,

materiales, productos y residuos y definir las necesidades de formación, cualificación y validación.

El diseño conceptual es un paso fundamental en el proceso de planificación de una instalación farmacéutica, ya que puede conducir a una planta bien planificada y administrada y para lograrlo, es esencial recopilar información adecuada sobre los productos, procesos de fabricación, tecnología a emplear y normativas a tener en cuenta. Asimismo, es crucial considerar las necesidades de tecnología, maquinaria, personal y requisitos regulatorios. La clasificación de productos es crucial para determinar los requisitos de la planta y los procesos de fabricación necesarios para la producción de estos, la evaluación de la capacidad de producción es esencial para garantizar que se cumplan los requisitos de producción, el plan maestro del sitio es imprescindible para definir la ubicación de la instalación y asegurar que se satisfagan los requisitos de espacio y logística y el desarrollo del diseño es crucial para determinar la distribución de la planta y garantizar que se cumplan los requisitos de producción y seguridad.

En el diseño de plantas farmacéuticas, el estudio de la capacidad se fundamenta en la identificación de los productos que serán producidos en la planta y en la determinación de la cantidad de cada producto a fabricar. Además, se deben tener en cuenta los requisitos de producción como el tiempo de ciclo, la tasa de producción y la disponibilidad de maquinaria y equipos. Una vez

identificados los productos y requisitos de producción, se puede establecer la capacidad de producción de la planta, la cual se puede medir en términos de unidades de producto por hora, día o año. Asimismo, se deben considerar los requisitos de espacio y logística para asegurar que la planta cuente con suficiente espacio para la producción y almacenamiento de los productos. El estudio de la capacidad de la planta es esencial para determinar los requisitos de personal y los costos de producción. Por tanto, realizar un adecuado estudio de capacidad es fundamental para garantizar un diseño conceptual eficaz y eficiente de la planta.

La fabricación de productos farmacéuticos requiere que cada categoría cumpla con requisitos específicos, incluyendo tecnología, equipos, materiales y procesos de fabricación. Es fundamental categorizar los productos para determinar los requisitos de la planta y los procesos necesarios para su producción, así como para planificar las necesidades logísticas y de espacio. Cada categoría tiene sus propios requisitos de espacio y logística, como el tamaño de la planta, la distribución de equipos y materiales. Para garantizar que la planta cumpla con los requisitos de espacio y logística, es necesario un plan maestro de emplazamiento que considere recursos, proximidad a proveedores y clientes, infraestructura de transporte y cumplimiento de leyes locales. Este plan también es crucial para determinar los requerimientos de infraestructura, como agua, gas y electricidad, y para cumplir con regulaciones de seguridad y medio ambiente locales.

El diseño del lay out de plantas farmacéuticas es esencial para una disposición eficiente y segura de equipos y materiales. Se recomienda agrupar actividades similares en áreas cercanas para optimizar el espacio, sin comprometer la eficiencia. Contar con un corredor perimetral para que los visitantes puedan visualizar las operaciones y facilitar los flujos es una práctica sugerida y se debe evitar el cruce de flujos de entrada y salida para evitar confusiones.

6.5 Control de calidad y mejora continua

El control de calidad se refiere al proceso de garantizar que los productos o servicios cumplan con ciertos estándares de calidad establecidos por la organización. Esto se logra a través de la implementación de procedimientos y procesos de inspección, pruebas y verificación para detectar y corregir posibles problemas o defectos en los productos o servicios antes de que lleguen a los clientes. Por otro lado, la mejora continua es un enfoque sistemático para la gestión de la calidad que busca constantemente mejorar los procesos, productos y servicios de una organización. Se basa en la idea de que siempre hay margen para mejorar y se enfoca en identificar áreas de oportunidad, implementar cambios y medir los resultados para lograr una mejora constante en la calidad y eficiencia de la organización.

La mejora continua es un enfoque que se caracteriza por:

- Ser un proceso sistemático y organizado de cambios pequeños pero constantes en los procesos, sistemas o prácticas de trabajo con el fin de mejorar el desempeño.
- No requiere de grandes inversiones para implementar los cambios.
- Puede ser implementada en cualquier tipo de organización.
- Requiere la participación de los trabajadores.
- Se basa en el ciclo de Deming, el cual incluye las etapas de analizar la situación actual y recopilar datos, implementar cambios de forma experimental, evaluar los resultados y estandarizar la mejora con ajustes necesarios.

El control de calidad es un aspecto fundamental en la industria farmacéutica, ya que garantiza que los medicamentos producidos cumplen con los estándares de calidad y seguridad requeridos para su uso en pacientes.

En esta industria, el control de calidad se lleva a cabo a lo largo de todo el proceso de fabricación de un medicamento, desde la selección de materias primas hasta la distribución del producto final. Esto incluye la realización de pruebas de calidad en diferentes etapas del proceso, como la identificación y cuantificación de los ingredientes activos, pruebas de estabilidad, pruebas de disolución,

entre otras. Además de garantizar la calidad de los medicamentos, el control de calidad también juega un papel importante en la prevención de problemas de seguridad y en la detección de posibles desviaciones en los procesos de fabricación que podrían afectar la calidad del producto final (Cortázar Peña & Torres Castro, 2021).

La gestión y control de la calidad de los productos es esencial para el desarrollo de la industria farmacéutica y en los últimos cien años se ha dado una mayor importancia a este aspecto. La evolución de este control se puede observar en la figura 10, donde el enfoque en la calidad ha llevado a cambios en los procesos de inspección, que han evolucionado hacia procesos de control de calidad, aseguramiento de la calidad, y finalmente a un modelo de calidad desde el diseño.

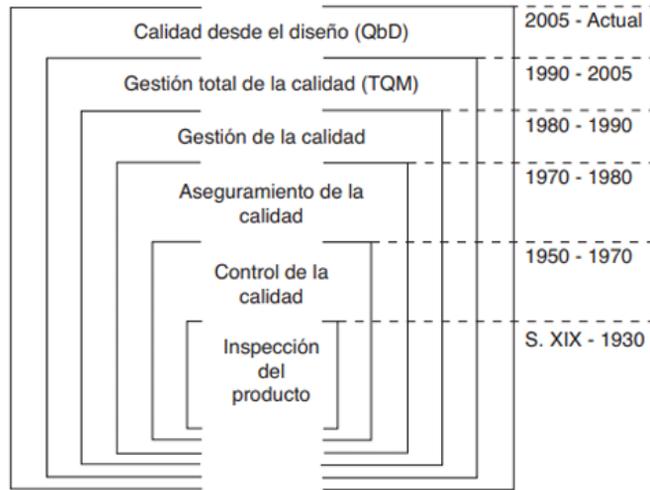


Figura 10. La evolución del concepto de calidad.

Fuente: Adaptada de Cortázar & Torres, (2021).

También se han establecido estándares internacionales, como las normas ISO 9000, que han sido adoptados por más de un millón de empresas en todo el mundo. Esto ha permitido que la calidad se extienda a todos los miembros de la organización, poniendo énfasis en el cliente, los procesos y su integración en los sistemas. Esto implica una relación con múltiples partes interesadas, como se puede apreciar en la figura 11.

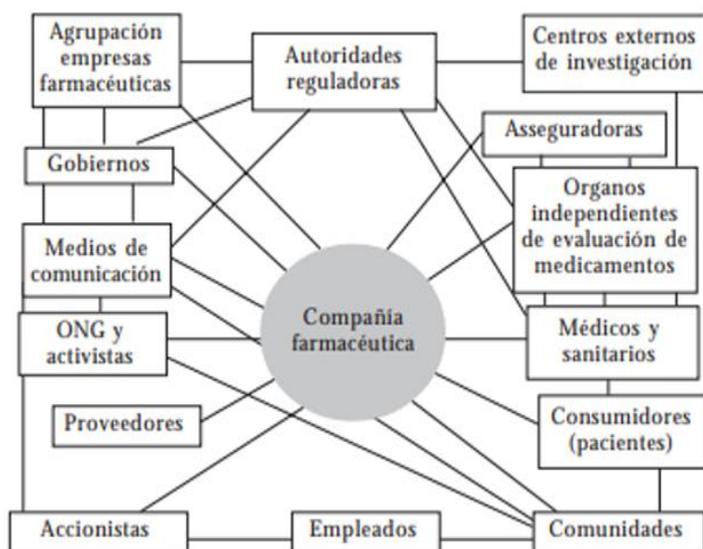


Figura 11. Red de interesados en la actividad de las compañías farmacéuticas.

Fuente: Adaptada de Cortázar & Torres, (2021).

En términos generales, las empresas son conscientes de que la calidad tiene un impacto en la satisfacción del cliente y es necesario realizar esfuerzos continuos para mejorar los procesos de producción. Sin embargo, a menos que detecten clientes insatisfechos o experimenten un aumento en los costos de producción debido a problemas de calidad, puede resultar complicado analizar y tomar medidas al respecto. Por lo tanto, es recomendable reforzar la gestión de calidad y no limitarla

simplemente a evitar desviaciones, sino más bien convertirla en una práctica que ayude a reducir la probabilidad de que ocurran no conformidades en los procesos de producción, entendiendo como no conformidad el incumplimiento de los requisitos establecidos por el cliente.

Por su parte, la mejora continua en la industria farmacéutica se enfoca en identificar oportunidades de mejora en los procesos de fabricación, en la eficiencia de estos y en la calidad de los productos. Esto se logra a través de la implementación de herramientas como el análisis de riesgos, la revisión de procesos, la formación del personal, entre otras.

En este sentido, la implementación de **Kaizen** en la industria farmacéutica es un enfoque integral para abordar los desafíos complejos de los cuidados de salud contemporáneos. Al fomentar una cultura de mejoras continuas, innovación y sostenibilidad, el sector puede enfrentar las dificultades de la atención médica actual, asegurando que no solo responda a las necesidades actuales de la sociedad, sino que también contribuya al bienestar de las próximas generaciones. De esta manera, Kaizen se convierte en una filosofía esencial que dirige a la industria farmacéutica hacia un futuro caracterizado por la resiliencia, la innovación y un compromiso profundo con la salud medioambiental y social.

El enfoque Kaizen en el sector farmacéutico va más allá de mejorar la eficiencia operativa, es un marco integral para promover

una cultura de crecimiento y aprendizaje continuo. Requiere un examen detallado de los procesos existentes, animando a las organizaciones a abrazar la agilidad, eficiencia y adaptabilidad en su sistema operativo. Esta constante búsqueda de mejora es fundamental para garantizar la disponibilidad de medicamentos esenciales, salvaguardando la salud pública. La prioridad en reducir los tiempos de producción y alinear los procesos de fabricación con las necesidades del mercado, muestra un compromiso con un modelo de producción basado en la demanda, alejándose de las prácticas de fabricación convencionales.

La filosofía Kaizen promueve la mejora continua en las empresas farmacéuticas, buscando una transformación completa en sus culturas y prácticas de trabajo. La automatización y robotización de los procesos de fabricación son ejemplos de esta transformación, no solo para aumentar la productividad, sino también para mejorar la calidad de los productos. Esta estrategia tecnológica no solo genera ahorros significativos, sino que también enriquece el trabajo de los profesionales de la industria al reasignarlos a tareas más valiosas e intelectualmente estimulantes.

6.6 Innovación tecnológica

La innovación tecnológica se refiere al proceso de creación, desarrollo e implementación de nuevas tecnologías, productos o servicios que tienen el potencial de revolucionar la forma en que se interactúa con el mundo. Comprende el uso de la creatividad, la

investigación y el desarrollo de nuevas ideas y tecnologías para mejorar la vida de las personas, aumentar la eficiencia de los procesos y generar ventajas competitivas para las empresas (Tejada et al, 2019). Este proceso abarca diversas áreas, como la inteligencia artificial, la robótica, la biotecnología, la realidad virtual, la computación cuántica, entre otras. Además, incluye la creación de nuevos dispositivos, aplicaciones y sistemas que pueden ser utilizados en diferentes sectores, como la salud, la educación, la industria farmacéutica, el transporte, entre otros.

6.6.1 Automatización

La automatización de procesos es un enfoque empresarial que busca optimizar y agilizar las tareas repetitivas y manuales mediante la implementación de tecnologías y sistemas automatizados. Esto permite reducir errores, mejorar la eficiencia, ahorrar tiempo y recursos, y mejorar la precisión de los procesos en una organización. La automatización de procesos se puede aplicar en diferentes áreas de una empresa, como la gestión de inventario, la contabilidad, el marketing, el servicio al cliente, entre otros.

La automatización en la industria farmacéutica es fundamental para mejorar la eficiencia, la precisión y la seguridad de los procesos de fabricación y control de calidad de los medicamentos. Son diversas las áreas en las que se utiliza la automatización en la industria farmacéutica, por ejemplo: en la fabricación, los sistemas automatizados permiten una producción más rápida y consistente

de los medicamentos, reduciendo el riesgo de errores humanos y garantizando la calidad del producto final. En el envasado y etiquetado, los robots y sistemas de manipulación automatizados se utilizan para realizar estos procesos de manera rápida y precisa, cumpliendo con los estándares de seguridad y trazabilidad. En el control de calidad, los sistemas automatizados permiten realizar pruebas y ensayos de manera más eficiente y precisa, garantizando la seguridad y eficacia de los medicamentos. Finalmente, en las labores de almacenamiento y logística, la automatización permite una mejor organización y seguimiento de los medicamentos, reduciendo el riesgo de errores y pérdidas.

6.6.2 Robótica

La robótica es una rama de la ingeniería y la tecnología que se encarga del diseño, construcción, programación y operación de robots. Un robot es una máquina automatizada capaz de realizar diversas tareas de manera autónoma o controlada por un ser humano. La robótica abarca una amplia variedad de aplicaciones en diferentes campos como la industria, la medicina, la exploración espacial, la agricultura, entre otros.

En la industria farmacéutica, la robótica es una tendencia en crecimiento que está transformando la forma en que se realizan ciertos procesos en la producción de medicamentos y en la investigación y desarrollo de nuevos fármacos. Algunas de las

aplicaciones de la robótica en la industria farmacéutica se ven en la automatización de la producción mediante el uso de robots que pueden ser utilizados en la fabricación de medicamentos para realizar tareas repetitivas y precisas, como el llenado de cápsulas o la manipulación de ingredientes en la producción de medicamentos. Los robots también pueden ser utilizados en la investigación y desarrollo de nuevos fármacos con el fin de acelerar el proceso de descubrimiento de moléculas y realizar ensayos de alta precisión. En los laboratorios farmacéuticos, los robots pueden ser utilizados para la manipulación de muestras y medicamentos, garantizando la precisión en las mediciones y reduciendo el riesgo de contaminación y como se mencionó anteriormente, los robots pueden emplearse en la etapa de envasado y etiquetado de medicamentos para agilizar el proceso y garantizar la precisión en la dosificación y el etiquetado de los productos.

6.6.3 Simulación de procesos

La simulación de procesos es una técnica que consiste en recrear o representar de manera digital el comportamiento y funcionamiento de un sistema o proceso en un ambiente controlado. Su objetivo es modelar y analizar situaciones complejas en diversas áreas, permitiendo identificar posibles problemas, tomar decisiones estratégicas, optimizar recursos, prever escenarios futuros y evaluar el impacto de diferentes variables en el sistema

simulado. Se basa en la utilización de modelos matemáticos y estadísticos para representar la dinámica de un sistema y simular su comportamiento en diferentes condiciones (Jama & Moran, 2023).

En la industria farmacéutica, la simulación de procesos es una herramienta muy útil que permite a las empresas predecir y optimizar el rendimiento de sus operaciones, puesto que simula los procesos en un entorno virtual, ayudando a identificar posibles problemas, evaluar diferentes escenarios y tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia y la calidad de los productos. Entre las aplicaciones de la simulación de procesos en la industria farmacéutica se encuentran la optimización de la producción, la planificación y programación de la cadena de suministro, el diseño de nuevas instalaciones, la validación de procesos y la gestión de riesgos. También se utiliza para mejorar la seguridad, la calidad y la conformidad con las normativas regulatorias. Al simular los procesos farmacéuticos, las empresas pueden reducir los costos operativos, minimizar los desperdicios, acelerar el desarrollo de nuevos productos y mejorar la competitividad en el mercado. También puede ser útil para la formación del personal, permitiéndoles practicar en un entorno virtual antes de enfrentarse a situaciones reales.

6.7 Desafíos y oportunidades en la producción de medicamentos

En la actualidad, la industria farmacéutica presenta una serie de desafíos, entre los que destacan los siguientes:

- Estrictas regulaciones en cuanto a seguridad, calidad y eficacia.
- La investigación, desarrollo y producción de medicamentos son procesos costosos, lo que puede representar un desafío para las empresas a la hora de mantener márgenes de beneficio competitivos.
- Cadena de suministro compleja y global, lo que puede suponer retos en términos de logística, gestión de inventario y cumplimiento de los plazos de entrega.
- Competencia y presiones del mercado, el cual es altamente competitivo, lo que puede dificultar la diferenciación de la empresa.
- Las empresas farmacéuticas deberán implementar estrategias de producción y distribución más ecológicas, debido a la presión para reducir la huella ambiental.
- La desigualdad en el acceso a medicamentos continúa siendo un problema global, por lo que industria deberá buscar soluciones para que los tratamientos lleguen a los sectores desatendidos.

A pesar de estos importantes desafíos, la industria farmacéutica tiene la oportunidad de prosperar. La clave para superar los obstáculos y construir un futuro más sostenible y equitativo radica en la innovación, la colaboración y la adopción de nuevas tecnologías. La industria farmacéutica ofrece oportunidades para la innovación en términos de desarrollo de nuevos medicamentos, formulaciones más efectivas y tecnologías de producción más avanzadas. Además, el crecimiento de los mercados emergentes en países como China, India y Brasil ofrece oportunidades para expandir la producción de medicamentos y acceder a nuevos segmentos de clientes.

Por otro lado, la digitalización de la industria farmacéutica ofrece oportunidades para mejorar la eficiencia en la producción de medicamentos, la gestión de la cadena de suministro y la comunicación con los clientes y la colaboración con otras empresas, instituciones de investigación y socios estratégicos, puede ayudar a las empresas farmacéuticas a desarrollar nuevos medicamentos y tecnologías de producción de manera más eficiente.

Ante estos desafíos y oportunidades, la aplicación de herramientas y conceptos de ingeniería industrial, permitirá mejorar la eficiencia, calidad y seguridad de los procesos productivos de la industria farmacéutica por medio de la identificación de cuellos de botella, la reducción de los tiempos de producción, la implementación de sistemas de control de calidad, la gestión

eficiente de los inventarios de materias primas, insumos y productos terminados y el diseño de instalaciones para la producción de medicamentos, asegurando que cuenten con los equipos y la infraestructura necesarios para garantizar la calidad y seguridad del proceso, además de la optimización de los costos.

En la industria farmacéutica, la optimización de los procesos de fabricación es fundamental para garantizar la eficiencia y la calidad de los medicamentos. Por otro lado, a través de la gestión de la cadena de suministros, se logra una adecuada planificación y control de los materiales necesarios para la producción, asegurando la disponibilidad de insumos y evitando retrasos en la producción. En este sentido, el control de calidad y la mejora continua son aspectos cruciales, por lo que la implementación de sistemas de control de calidad robustos y la aplicación de herramientas de mejora continua, pueden ayudar a identificar y corregir posibles desviaciones en el proceso de fabricación, garantizando la calidad del producto final.

Otro factor clave en la eficiencia de los procesos de fabricación en la industria farmacéutica, es el diseño de instalaciones y equipos, puesto que es indispensable lograr una distribución adecuada de los recursos para la optimización de la producción, para ello, la innovación tecnológica es un factor determinante, donde la automatización, la robótica y la simulación de procesos juegan un papel cada vez más relevante. Estas tecnologías permiten una mayor eficiencia en la producción, reduciendo los tiempos de fabricación,

minimizando el riesgo de errores humanos, permitiendo la incorporación de nuevos procesos y tecnologías y mejorando la calidad y la eficacia de los medicamentos.

En la producción de medicamentos, existen diversos desafíos y oportunidades que deben ser abordados de manera estratégica, en este sentido, es fundamental que las empresas farmacéuticas se mantengan a la vanguardia de la innovación tecnológica, invirtiendo en la mejora de sus procesos de fabricación y en la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas. Es importante que las empresas establezcan alianzas estratégicas con proveedores y colaboradores, para asegurar una cadena de suministro eficiente y confiable.

CAPÍTULO 7. DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN LA INTERSECCIÓN DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL Y LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS

7.1 Introducción

En la actualidad, la revolución tecnológica ha permitido la convergencia de distintas disciplinas, dando lugar a nuevas oportunidades y desafíos, tal como ocurre en el ámbito de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas. La creciente intersección entre estas áreas ha abierto la puerta a múltiples posibilidades, transformando la manera en que se diseñan y producen productos, se gestionan las operaciones industriales o se abordan los problemas medioambientales.

Es preciso analizar las tendencias actuales que están dando forma a la convergencia de ambas disciplinas en distintos campos como la biotecnología, la ingeniería de tejidos, la bioinformática o la nanotecnología, donde ocurre la integración de procesos biológicos en aplicaciones industriales. Estos avances han abierto la puerta a la fabricación de productos biológicos utilizando métodos y técnicas industriales, revolucionando diversos sectores de la industria.

La creciente digitalización de los procesos industriales ha permitido la optimización de las operaciones mediante la utilización de datos y análisis predictivo, por ejemplo, la integración de la inteligencia artificial, el internet de las cosas y la robótica en el

ámbito industrial ha mejorado la eficiencia de las cadenas de producción, reduciendo los tiempos de entrega, minimizando los errores y aumentando la productividad. Esta transformación digital también ha abierto nuevas oportunidades para la colaboración entre la ingeniería industrial y las ciencias biológicas, facilitando la creación de productos y servicios innovadores.

En este sentido, resulta interesante identificar las oportunidades de investigación y desarrollo que surgen de la intersección de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas. En la actualidad, una de las áreas de gran interés es la ingeniería de tejidos, la cual busca desarrollar soluciones para la regeneración de tejidos y órganos dañados, a través de la combinación de tecnologías como la impresión 3D, la bioimpresión y la biología sintética, que hacen posible el diseño de estructuras biológicas personalizadas (Puertas, 2020).

De la misma manera, la biotecnología ha abierto nuevas posibilidades en la producción de alimentos y medicamentos, permitiendo la creación de productos más saludables, sostenibles y eficientes, donde la utilización de microorganismos modificados genéticamente en la fermentación de alimentos (Ostos et al, 2019) o la producción de biocombustibles (Meléndez et al, 2021), representan un ejemplo de cómo la ingeniería industrial puede aprovechar los recursos biológicos para mejorar los procesos productivos y reducir los impactos en el ambiente.

Otro campo de investigación prometedor es la bioingeniería de sistemas, que busca aplicar los principios de la biología y la ingeniería para diseñar sistemas complejos y adaptativos, lo que resulta de gran aplicación en sectores como la salud, la agricultura y la gestión de recursos naturales, donde se pueden desarrollar soluciones innovadoras para resolver problemas complejos y mejorar la calidad de vida de las personas.

Por último, es fundamental analizar el impacto que la convergencia de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas tiene en la sociedad y el medio ambiente, puesto que a medida que se desarrollan nuevas tecnologías y se introducen productos innovadores en el mercado, se debe considerar cómo estas innovaciones pueden afectar a las personas y al entorno, por lo que es necesario garantizar que los beneficios de estas tecnologías se distribuyan de manera equitativa y sostenible, evitando posibles impactos negativos en la salud, la economía y el medio ambiente.

En este sentido, la responsabilidad social y ambiental es un aspecto crucial a tener en cuenta en la investigación y desarrollo en la intersección de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas. Se debe garantizar que las tecnologías emergentes respeten los principios éticos y los derechos humanos, así como minimizar su impacto en los ecosistemas naturales y en la biodiversidad, solamente así será posible aprovechar todo el potencial de esta

convergencia para mejorar la calidad de vida de las personas y proteger el planeta para las generaciones futuras.

La intersección de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas representa un campo de estudio innovador y lleno de posibilidades, en el cual se deben seguir explorando las tendencias emergentes, identificar nuevas oportunidades de investigación y desarrollo y analizar de manera crítica el impacto que estas innovaciones tienen en el planeta, para poder aprovechar todo el potencial de la fusión de estas disciplinas para construir un futuro más sostenible, inclusivo y próspero para todos.

Es así como es este capítulo, se explorarán las tendencias emergentes y futuras en la convergencia de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas, así como las oportunidades de investigación y desarrollo que surgen de esta intersección. Asimismo, se examinará el impacto que estas innovaciones tienen en la sociedad y el medio ambiente, destacando la importancia de abordar de manera integral los retos que se presentan en este contexto.

7.2 Tendencias emergentes y futuras en la convergencia de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas

Como ya se mencionó, la convergencia entre la ingeniería industrial y las ciencias biológicas, ha dado paso al surgimiento de

diversas disciplinas, las cuales se describirán con mayor detalle en este inciso.

7.2.1 Ingeniería de tejidos

La Ingeniería de Tejidos (IT) y la Medicina Regenerativa (MR) son campos de estudio altamente innovadores y en constante desarrollo en el ámbito médico, concebidos para superar las limitaciones de las técnicas actuales utilizadas en la reparación de tejidos. Estas disciplinas están enfocadas en la restauración de la funcionalidad biológica de tejidos u órganos dañados, mediante la estimulación de los mecanismos de reparación naturales del cuerpo.

La IT se basa en una aproximación interdisciplinaria que combina conocimientos de ciencia de materiales, biología celular e ingeniería biomédica para diseñar dispositivos capaces de fomentar la regeneración tisular cuando se implantan en pacientes. Estos dispositivos suelen estar compuestos por un andamiaje como soporte, células vivas y moléculas bioactivas.

El andamiaje cumple la función de brindar un entorno adecuado para que las células se adhieran, se reproduzcan y se diferencien, dando lugar a la formación de nuevo tejido, también conocido como constructo o tejido precursor. Actualmente, la investigación en IT y MR representa un desafío científico significativo, con la expectativa de impactar positivamente en la práctica clínica y mejorar la calidad de vida de los pacientes en el futuro. (Puertas, 2020).

7.2.2 Optimización de la producción de alimentos

Con el crecimiento de la población mundial y la preocupación por la sostenibilidad ambiental, la ingeniería industrial y las ciencias biológicas están colaborando para mejorar la eficiencia en la producción de alimentos. Esto incluye diversas aplicaciones como desarrollo de técnicas de cultivo más sostenibles, la optimización de la cadena de suministro de alimentos, la reducción de desperdicios, entre otras.

En este sentido, implementar tecnologías avanzadas, es esencial para optimizar la producción de alimentos. La automatización de labores repetitivas y la utilización de sistemas inteligentes para la toma de decisiones, calidad y gestión de procesos, son factores clave para impulsar la eficiencia y la productividad. Por otro lado, la incorporación de robots en labores como el picking y embalaje, mejora la precisión y rapidez de estos procesos y la gestión integral de la cadena de suministro, por medio de la colaboración y digitalización desde la producción hasta la entrega final, permite reducir costos, mejorar la trazabilidad y minimizar el desperdicio. (The Food Tech, 2024).

7.2.3 Bioinformática y análisis de Big Data en salud

La bioinformática es una disciplina que combina la informática con la biología para analizar grandes cantidades de datos biológicos. La integración de la ingeniería industrial en este campo puede permitir la optimización de procesos de análisis de datos, la gestión eficiente de información médica y el desarrollo de terapias personalizadas. De esta manera surge la bioestadística, la cual se encarga de analizar la recopilación, organización y análisis de datos, así como de las conclusiones que se pueden extraer a partir de ellos.

La bioinformática utiliza bases de datos, modelos estadísticos, herramientas computacionales y conocimientos biológicos para responder a preguntas moleculares en biología, integrando estos elementos. Su principal área de investigación se centra en análisis bioinformáticos aplicados a la biomedicina, utilizando la tecnología y la informática para comprender los procesos biológicos, desde el nivel molecular hasta el nivel de poblaciones completas en los organismos, mientras que la bioestadística se enfoca en interpretar los datos de estudios médicos para tomar decisiones informadas (Martínez, 2023).

La identificación de genes relacionados con enfermedades complejas como la diabetes y el cáncer, ha sido gracias a la bioinformática, permitiendo el desarrollo de terapias y tratamientos personalizados para los pacientes. En cuanto a la bioestadística, esta disciplina ha contribuido al avance de pruebas diagnósticas más

precisas para enfermedades infecciosas como el VIH y la tuberculosis, permitiendo una detección temprana y un tratamiento eficaz, salvando así numerosas vidas.

Ambas disciplinas son vitales, ya que sin ellas no se podría analizar la gran cantidad de datos biológicos generados. Los genomas ocupan un lugar destacado en la generación de Big Data, por lo que es imprescindible contar con herramientas para su análisis y avanzar en la biomedicina y en el desarrollo de vacunas.

7.2.4 Ingeniería biológica

La ingeniería biológica es un campo emergente que combina la ingeniería con la biología para desarrollar sistemas biológicos que solucionen problemas del mundo real. Desde la creación de fármacos hasta la producción de energía renovable, la ingeniería biológica está abriendo nuevas oportunidades en áreas como la medicina, la agricultura, la energía y la industria.

Esta disciplina considera los sistemas biológicos como complejas máquinas que pueden ser comprendidas, modificadas y optimizadas, utilizando herramientas ingenieriles para diseñar sistemas vivos con propiedades específicas, como la producción de proteínas, la generación de biomateriales o la energía sostenible. Se enfoca en el estudio de sistemas biológicos a nivel molecular, celular y de organismos completos, investigando procesos como la

replicación del ADN, la expresión genética, la síntesis de proteínas y la interacción celular para crear nuevas aplicaciones. Entre los principales objetivos de la ingeniería biológica están los siguientes:

- Diseñar y crear sistemas biológicos con funciones específicas.
- Mejorar los procesos biológicos existentes.
- Resolver problemas del mundo real utilizando soluciones basadas en la biología.

La ingeniería biológica tiene una gran cantidad de aplicaciones que están revolucionando diferentes sectores de la industria, puesto que puede abarcar desde la creación de nuevos medicamentos hasta la producción de biocombustibles, ofreciendo soluciones innovadoras a problemas complejos.

En el campo de la Medicina y salud, la ingeniería biológica está presente en el desarrollo de nuevos medicamentos, en la terapia génica, en el diagnóstico medido y en la ya descrita ingeniería de tejidos. En el ámbito de la agricultura y la alimentación, la ingeniería biológica ofrece soluciones para mejorar la producción de alimentos y la seguridad alimentaria al mejorar los cultivos o colaborar en la producción de alimentos más nutritivos y más sostenibles (Casado, 2022).

En la lucha contra la contaminación ambiental y la búsqueda de fuentes de energía renovables, la ingeniería biológica juega un papel

fundamental en la biorremediación, la producción de biocombustibles y la captura de carbono. Esta disciplina también tiene aplicaciones en la industria para la producción de materiales y productos innovadores como biomateriales, bioplásticos, biocombustibles y biofertilizantes.

7.3 Oportunidades de investigación y desarrollo

Como ya se ha visto, la convergencia de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas ofrece numerosas oportunidades de investigación y desarrollo en diversos campos. Algunas de estas oportunidades se describen a continuación:

- Optimización de procesos industriales utilizando principios biológicos: las ciencias biológicas pueden ofrecer perspectivas únicas sobre cómo optimizar diversos procesos industriales. Por ejemplo, la bioingeniería puede ayudar a diseñar sistemas de producción más eficientes y sostenibles, aprovechando la capacidad de los organismos vivos para realizar reacciones químicas y procesos de forma más eficiente.
- Desarrollo de materiales biomiméticos: la ingeniería industrial puede beneficiarse de la inspiración en la naturaleza para el diseño de materiales y productos innovadores, con propiedades únicas, mayor resistencia,

flexibilidad o capacidad de autorreparación, basados en la estructura y funciones de organismos vivos.

- Diseño de sistemas de bioproducción y biofabricación: la ingeniería industrial puede contribuir al diseño y optimización de sistemas de producción biológica, como la fermentación de alimentos, la producción de biocombustibles, la generación de biomateriales, entre otros.
- Desarrollo de dispositivos médicos y tecnologías de salud: como prótesis, implantes, sistemas de monitorización y diagnóstico, entre otros. Estos dispositivos pueden beneficiarse de los avances en biotecnología, nanotecnología y tecnologías de la información para mejorar la calidad de vida de las personas.
- Diseño de sistemas de gestión y optimización de recursos en la industria biológica: la ingeniería industrial puede contribuir al diseño de sistemas de gestión y optimización de recursos en la industria biológica, particularmente en la agricultura, la acuicultura y la producción de alimentos, mediante la aplicación de tecnologías de automatización, análisis de datos, modelado predictivo y toma de decisiones basada en datos para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los procesos biológicos.

7.4 Impacto en la sociedad y el medio ambiente

La convergencia de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas tiene un impacto significativo en la sociedad y el medio ambiente. Al combinar el conocimiento y las técnicas de la ingeniería con los avances en biotecnología y genética, se abren nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia de los procesos industriales, desarrollar nuevos productos y servicios, y abordar desafíos ambientales y de salud de una manera más sostenible.

Esta convergencia ha llevado al desarrollo de tecnologías innovadoras en áreas como la producción de alimentos, medicina, energía renovable y bioprocesamiento, realizando un gran aporte a la sociedad al desarrollar cultivos transgénicos resistentes a enfermedades y plagas, medicamentos y terapias personalizadas, biocombustibles y procesos de producción más eficientes y sostenibles.

En el contexto medioambiental, la convergencia de estas disciplinas ha permitido avanzar en la bioremediación de suelos y aguas contaminadas, en la producción de plásticos biodegradables, en la generación de energía a partir de residuos orgánicos, entre otros (BBVA, 2024). Además, la aplicación de tecnologías como la ingeniería de tejidos y la bioingeniería ha abierto nuevas posibilidades para el tratamiento de enfermedades y lesiones, así como para el desarrollo de órganos y tejidos artificiales.

En este capítulo se han explorado las tendencias emergentes debido a la convergencia de la ingeniería industrial y las ciencias biológicas, así como las oportunidades de investigación y desarrollo y su impacto en la sociedad y el medio ambiente. La convergencia de estas disciplinas está abriendo un amplio abanico de oportunidades en áreas como la medicina, la agricultura, la biotecnología, la energía y la conservación del medio ambiente, esto gracias a la aplicación de principios de la ingeniería en la biología, permitiendo el desarrollo de tecnologías innovadoras y soluciones sostenibles para mejorar la salud humana, la producción de alimentos, la generación de energía limpia y la protección del entorno natural. Resulta imprescindible seguir fomentando la interdisciplinariedad y la colaboración en la investigación y el desarrollo de tecnologías bioindustriales para construir un futuro más próspero, equitativo y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almazar, G., & Ciro, D. M. G. (2015). Bioinformática: Herramienta en el análisis de sistemas biológicos. *Revista Ontare*, 1(2), 25-38.
- Araúz, A., & Antonio, J. (2022). *DE LA SALUD OCUPACIONAL A LA GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO: ESTUDIO DE LA TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA GENERAL DE RIESGOS LABORALES FROM OCCUPATIONAL HEALTH TO WORKPLACE*. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/327/3273192001/3273192001.pdf>
- Araya-Crisóstomo, S., Monzón, V. H., & Infante-Malachias, M. E. (2019). *INTERDISCIPLINARIEDAD EN PALABRAS DEL PROFESOR DE BIOLOGÍA*: 24(81), 403-429.
- Arequipa Quishpe, E. R. S. Q., & Ayabaca Landi, D. S. S. C. (2022). *Optimización multi-objetivo bio-inspirada aplicada al despacho de potencia en generadores eléctricos* [Master's Thesis]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24032>
- Azmi, I., Hamid, N. A., Hussin, M. N. M., & Ibrahim, N. I. (2017). Logistics and supply chain management: The importance of integration for business processes. *Journal of emerging economies and Islamic Research*, 5(4), 73-80.
- Barrón, E. (2017). *Producción sustentable de maíz. La aplicación de tecnología para el uso racional de los recursos*. 103-106.
- Bejarano, A., & Sacoto, H. (2022). (PDF) La innovación tecnológica e la ingeniería industrial. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/358421691_La_innovacion_tecnologica_e_la_ingenieria_industrial
- Beltr, L. E., Campos, A. M., Fajardo, G. E., de Paula Gutiérrez, F., Lozano, A., Roza, C., Torres, G. R., & Valencia, D. M. (2010). *Biología. Conceptos y fundamentos básicos*. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Bibilonia, L. M. (2022). Papel de la ingeniería industrial dentro de las disciplinas que permiten asegurar servicios de salud de calidad. *Revista Cubana de Salud Pública*, 48.

- <https://convencionsalud.sld.cu/index.php/convencionsalud22/2022/paper/viewPDFInterstitial/1702/1602>
- Bordianu Bolganschi, D. A. (2023). *La impresión 3D como nuevo modelo de producción*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/61465>
- Camberos, J. (2017). *Tequila San Matías de Jalisco: Un legado de México para el mundo*. 19-22.
- Carmen Yaguana, R. S., & Herrera Morán, M. (2020). *Gestión de la calidad total en los recursos humanos de la UGEL Paita-Piura año 2020*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/6975>
- Castro Echavez, F. L., & Rosado Vega, J. R. (2020). *Biología general*. <https://repositorioinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/715>
- Castro, L. R. (2024). Devenir-sin: Mosquitos transgénicos, control de enfermedades, y el valor del no-encuentro en las relaciones multiespecies. *452ªF: Revista de Teoría de la Literatura y Literatura Comparada*, 30, 182-212.
- Cepeda, A. (2024). *Revista NG | Cómo están revolucionando el futuro de la logística*. <https://noticias.unab.cl/revista-ng-como-estan-revolucionando-el-futuro-de-la-logistica/>
- Chavez Manayalle, R. R., & Fernandez Coronel, A. J. (2023). *BENCHMARKING COMO ESTRATEGIA EN LAS ORGANIZACIONES*. https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_63adfea42bf1e1ab8674be0a745c5b47
- Cortázar Peña, N. F., & Torres Castro, A. M. (2021). *Revisión de literatura sobre la gestión de calidad en la industria farmacéutica*. <http://repositorio.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8713>
- Cortés, M. E. (2023). La larga historia de la molécula del ADN: Setenta años después. *Andes pediátrica*, 94(4), 421-424.
- Cuellar Sánchez, M. L., & Huaroto Justo, J. J. (2021). *Metodología Lean Six Sigma en la mejora de la gestión de abastecimiento en industrias farmacéuticas; un estudio de revisión sistemática*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26015>
- Donnay, D. (2017). *PROYECTOS DE INNOVACIÓN PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DE UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE* 2017.

- <https://bibliotecadigital.fia.cl/server/api/core/bitstreams/6ebd60f1-22c2-40c4-8ae0-b41ccade4f5e/content>
- Erazo Calvopiña, R. M., & Salguero Barba, N. G. (2021). *Mejora continua en las organizaciones a partir de la satisfacción de los stakeholders internos*.
<https://repositorio.cidecuador.org/handle/123456789/1331>
- Fragoso Fragoso, J., Garcés Garcés, B., Molina Gómez, A., Caminero Chávez, V., Roque Roque, L., & Espinosa Requesens, I. (2017). Una aproximación a la interdisciplinariedad desde la Filosofía. *Medisur*, 15(1), 56-62.
- Freivalds, A. (2014). *Ingeniería industrial de Niebel*. Biblioteca Hernán Malo González.
<https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/78938>
- Gagneten, A. M., & Regaldo, L. M. (2021). *Efectos sobre las comunidades biológicas*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/200167>
- García, J. (2020). Introducción a la Logística. Nota Técnica. *RIUNET Repositorio UPV* <http://hdl.handle.net/10251/137038>.
- Gavilanes Mata, R. N., & Huacón Muñoz, B. S. (2020). *Optimización de recursos para mejorar los procesos productivos en una empresa metalmecánica* [B.S. thesis].
- Gil de Biedma Pascual del Pobil, M. V. (2023). *Modelado y resolución de un problema de transporte de maquinaria*.
<https://idus.us.es/handle/11441/148129>
- Gómez, J. (2020). *Las ramas de la ingeniería*. [https://www.google.com/search?q=G%C3%B3mez%2C+Jorge.+%2020\).+Las+ramas+de+la+ingenier%C3%ADa.+6%2C+16-24.&rlz=1C1SQJL_esVE941VE941&oq=G%C3%B3mez%2C+Jorge.+%\(2020\).+Las+ramas+de+la+ingenier%C3%ADa.+6%2C+16-24.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRg80gEIMTY3NGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=G%C3%B3mez%2C+Jorge.+%2020).+Las+ramas+de+la+ingenier%C3%ADa.+6%2C+16-24.&rlz=1C1SQJL_esVE941VE941&oq=G%C3%B3mez%2C+Jorge.+%(2020).+Las+ramas+de+la+ingenier%C3%ADa.+6%2C+16-24.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRg80gEIMTY3NGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- Gómez, Jorge. (2020). *Las ramas de la ingeniería*. 6, 16-24.
- Gong, Z., Chen, J., Jiao, X., Gong, H., Pan, D., Liu, L., Zhang, Y., Wang, K., Wang, M., & Cao, H. (2024). Genome-scale metabolic network models for industrial microorganisms metabolic engineering:

- Current advances and future prospects. *Biotechnology Advances*, 108319.
- González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020a). Competences of industrial engineers in industry 4.0. *Revista electrónica de investigación educativa*, 22. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412020000100130&script=sci_abstract&tlng=en
- González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020b). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22, 1-14. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>
- Gutarra Meza, F. (2016). *Introducción a la Ingeniería*. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&scioq=S+eguridad+industrial+y+capacitaci%C3%B3n%3A+un+enfoue+pre+ventivo+de+salud+laboral.+%282021%29+Editorial+de+la+Univer+sidad+de+Quito+%E2%80%93+Ecuador&q=Gutarra+Meza%2C+F.+%282015%29.+Introducci%C3%B3n+a+la+Ingenier%C3%ADa+In+dustrial.+Huancayo%3A+Fondo+Editorial+de+la+Universidad+Co+ntinental.&btnG=
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. *Madrid: Fundación EOI*, 178, 978-8415061403.
- Hickman, C. P., Roberts, L. S., & Keen, S. L. (2009). *Principios integrales de zoología*. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-FCF:10603/Description>
- Infante-Malachias, M. E., & Araya-Crisóstomo, S. (2023a). Interdisciplinariedad como desafío para educar en la contemporaneidad. *Educar em Revista*, 39, e88371.
- Infante-Malachias, M. E., & Araya-Crisóstomo, S. (2023b). Interdisciplinariedad como desafío para educar en la contemporaneidad. *Educar em Revista*, 39, 1-16.
- Jama, A. M. V., & Moran, B. O. (2023). Implementación de la simulación para la mejora de los procesos productivos. *ConcienciaDigital*, 6(1), 75-86.

- Jiménez Arévalo, C. (2018). *Diseño Biomimético: Modelización arquitectónica inspirada en la naturaleza*. <https://oa.upm.es/id/eprint/52147>
- Laguna, V. V., Hernández, U. N. M., Castañeda, I. A. R., Parada, R. G., & Cruz, O. R. C. (2024). Factores de éxito que influyen en el aseguramiento industrial. *Revista NeyArt*, 2(1), 17-27.
- LLancay Loayza, L. C. (2019). *Manufactura celular para incrementar la capacidad disponible en el área de producción de la empresa de confección textil, LUGUIS EIRL, la Victoria, 2019*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58539>
- López Giménez, F. J. (2019). *La Bioenergía y la nueva economía*. https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/19029/leccion_inaugural.pdf?sequence=1
- López, M. A., Uribe, R. M., & Valenzuela, M. C. S. (2017). *INTERDISCIPLINARIEDAD: LA NECESIDAD DE UNIFICAR Y APLICAR UN CONCEPTO*. <https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/doc/2716.pdf>
- Malacalza, L. (2013). *Ecología y ambiente*. Asociación de Universidades Grupo Montevideo y Universidad Nacional de La Plata. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/38507>
- Márquez, M. M. (2019). Configuración económica de la industria farmacéutica. *Actualidad Contable Faces*, 22(38), 61-100.
- Martínez, R., Agüero, B., Penabad, A., & Montero, R. (2011). Sistema Integrado de Gestión de Calidad, Seguridad y Ambiental en un centro biotecnológico. *VacciMonitor*, 20(2), 24-30.
- Mayr, E. (2016). *Así es la biología*. Debate. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1IZ4CwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Biologia+&ots=qD0Rc5lvlr&sig=72yedhe5g9TWZtoB5ySkyBBqs5c>
- Montoya Restrepo, C. (2023). *Fundamentos de ingeniería industrial*. Bogotá, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84710>
- Muñoz-Miranda, L. A., Higuera-Ciapara, I., Gschaedler-Mathis, A. C., Rodríguez-Zapata, L. C., Pereira-Santana, A., & Figueroa-Yáñez, L.

- J. (2019). Breve Descripción de la Biología Sintética y la Importancia de su Relación con otras Disciplinas. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 40(1).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-95322019000100009&script=sci_abstract&lng=pt
- Murray, P. R., Rosenthal, K., & Pfaller, M. A. (2017). *Microbiología médica*. Elsevier Health Sciences.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GOaVDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Microbiologia+&ots=hSiYIGLVuk&sig=aePhGDkE5aHPDAdDC-vavjFkWo>
- Navarrete Pérez, F. (2013). *Investigación operativa: Técnicas y modelos de programación de proyectos complejos*. Mamut Digital.
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/101342/LIBRO%20COMPLETO.pdf>
- Nouailles, G., Adler, J. M., Pennitz, P., Peidli, S., Alves, G. T., Baumgart, M., Bushe, J., Voss, A., Langenhagen, A., & Pott, F. (2022). A live attenuated vaccine confers superior mucosal and systemic immunity to SARS-CoV-2 variants. *bioRxiv*, 2022-05.
- Nucci Porsani, R., Pereira Raposo, F., Raquel Ferro-Marques, L., Martins Fernandes, N., & Leonardo Demaison, A. (2022). La biomimética y su influencia en el diseño de productos Una breve cronología y el estado del arte. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, 25(178).
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=16680227&AN=161289989&h=oStel4ux15G51ifHAzj0DC9UraLR%2FuJAdgLevwu9eoTpab%2BjECCaXEXGZ4shkWuJYSBg5WgeQHhmUJbtUIN9Hg%3D%3D&crl=c>
- Nugent, M. A. L. M., Quispe, J. T., Llave, A. M. T., & Morales, J. A. F. (2019). Gestión de cadena de suministro: Una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(88), 1136-1146.
- Ostos-Ortíz, O. L., Rosas-Arango, S. M., & González-Devia, J. L. (2019). Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos. *Nova*, 17(31), 129-163.

- Oukar Tatari, A. (2022). *Sistemas complejos fuera del equilibrio: Análisis termodinámico de sistemas biológicos y económicos* [Master's Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/376167>
- Parra, M. (2016). Gestión de la Cadena de Suministro Supply Chain Management y Logística en Colombia. *Trabajo de Grado Especialista en Alta Gerencia, Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Estudios a Distancia, Facultad de Estudios a Distancia Especialización en Alta Gerencia, Bogotá. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15825>.*
- Pérez-Mergarejo, E., Pérez-Vergara, I., & Rodríguez-Ruíz, Y. (2014). Modelos de madurez y su idoneidad para aplicar en pequeñas y medianas empresas. *Ingeniería Industrial, 35*(2), 184-198.
- Plattner, H., & Hentschel, J. (2014). *Biología celular*. Ed. Medica Panamericana. <https://kops.uni-konstanz.de/handle/123456789/31128>
- Portero-Poveda, A. S., Romero-Fernández, A. J., & Lascano-Corrales, E. (2022). Mejora continua en los procesos operativos para el desarrollo empresarial. *CIENCIAMATRIA, 8*(3), 1773-1787.
- Ramírez, E. R. (2023). Avances y desafíos de la inteligencia artificial en el mundo laboral. Una visión desde el sector público y privado. *Noticias CIELO, 6, 2*.
- Ramírez, K. A., & Álvaro, V. P. (2017). Prácticas de mejora continua, con enfoque Kaizen, en empresas del Distrito Metropolitano de Quito: Un estudio exploratorio. *Intangible Capital, 13*(2), 479-497.
- Rendueles, M., & Díaz, M. (2014). Biotecnología industrial. *Arbor, 190*(768), a155-a155.
- Restrepo, S. L. S. (2020). Logística Inversa como reducción de costos. *UNACIENCIA: Revista de Estudios e Investigaciones, 13*(24), 63-70.
- Reyes, A. (2017). "Alimento de los dioses": Entre innovación, conservación y mercado. 31-34.
- Ripper, J. L. M. (2020). *Patrones cimáticos: Aplicación de nuevos medios y técnicas vernáculas en procesos de diseño para espacios de uso temporario*. [PhD Thesis, PUC-Rio]. <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/57448/57448.PDF>

- Rodriguez Esquivel, C. A. (2020). *Aplicación de herramientas de manufactura esbelta y automatización en procesos industriales: Una revisión de la literatura científica*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24092>
- Rodríguez, R. (2016). *Conceptos básicos de genética*. <https://www.redalyc.org/pdf/644/64407913.pdf>
- Román Calderero, P. (2024). *La regulación de los Asuntos Públicos en España. La industria farmacéutica, ejemplo de profesionalización*. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/79161>
- Romero-Yesa, S., Ukar-Arrien, O., Bilbao-Alberdi, G., Sasia-Santos, P., Casado-Mansilla, D., & Eguíluz-Morán, A. (2022). *Tecnoética: Inclusión y evaluación de la competencia ética en los Proyectos Fin de Grado de Ingeniería*. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/26764>
- Ross, M. H., & Pawlina, W. (2007). *Histología: Texto y atlas color con biología celular y molecular*. Ed. Médica Panamericana. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NxYmIRZQi2oC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Biologia+celular+&ots=_AeYyAos8m&sig=-KWcfjEriNdg-vO70dBWYN7wQ0Y
- Rossemay, R. C. L., Arvelo, M. G. V., & Bravo, B. H. O. (2023). Enfoque biomimético aplicado al diseño de una vivienda unifamiliar en Portoviejo. *Dominio de las Ciencias*, 9(3), 1880-1917.
- Sai, Y., Siva Kishore, N., Dattatreya, A., Anand, S. Y., & Sridhari, G. (2011). A review on biotechnology and its commercial and industrial applications. *J Biotechnol Biomaterial*, 1(121), 2.
- San Nicolas, A., & del Castillo, M. (2020). Modelo EFQM 2020: Hacia la Excelencia y más allá... *Journal of Healthcare Quality Research*, 35(1), 1-3.
- Sánchez, P. L. (2019). La innovación y la industria farmacéutica en España. *Papeles de Economía Española*, 160, 64-210.
- Santos, L. K. C. (2018). El uso de la tecnología en la agricultura. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(14), 25-32.

- Serna, M. G. (2012). *Introducción a la ingeniería industrial*. https://www.academia.edu/10692474/Introduccion_a_la_ingenieria_industrial
- Silva García, C. (2018). *Gestión de almacenes con tecnología WMS*. <https://core.ac.uk/download/pdf/286064655.pdf>
- Sishodia, R. P., Ray, R. L., & Singh, S. K. (2020). Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote sensing, 12*(19), 3136.
- Soto, I., Barnes, A., Balafoutis, A., Beck, B., Sánchez, B., Vangeyte, J., Fountas, S., Van der Wal, T., Eory, V., & Gómez-Barbero, M. (2019). *The contribution of precision agriculture technologies to farm productivity and the mitigation of greenhouse gas emissions in the EU*. Publications Office of the European Union Luxembourg. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC112505/final_technical_report_pat.pdf
- Suarez, D. A. S., & Giraldo, C. A. S. (2020). *La logística verde como estrategia de competitividad, empresas ambientalmente racionales y el uso eficaz de los recursos*. <https://www.editorialeidec.com/wp-content/uploads/2020/07/LA-LOGISTICA-VERDE-COMO-ESTRATEGIA-DE-COMPETITIVIDAD-EMPRESAS-AMBIENTALMENTE-RA.pdf>
- Tacuri, A. E. B., & Ortega, M. J. (2021). Gestión de operaciones para la mejora continua en Organizaciones. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 6*(12), 334-365.
- Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones*. Pearson Educación. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3oHztjMSuL8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Taha,+H.+\(2004\)+Investigaci%C3%B3n+de+operaciones.+7ma+edici%C3%B3n.+Pearson+Educaci%C3%B3n.+M%C3%A9xico.+&ots=nPzH272UHS&sig=2kbzEdo6svCs5B6ryT2ddu6OdrS](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3oHztjMSuL8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Taha,+H.+(2004)+Investigaci%C3%B3n+de+operaciones.+7ma+edici%C3%B3n.+Pearson+Educaci%C3%B3n.+M%C3%A9xico.+&ots=nPzH272UHS&sig=2kbzEdo6svCs5B6ryT2ddu6OdrS)
- Teves, M. N., Taco, J., & A Flore, J. (2019). *Gestión de cadena de suministro: Una mirada desde la perspectiva teórica*. <http://repositorio.unah.edu.pe/handle/UNAH/84>

- Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2010). *Introducción a la biotecnología* (Vol. 7). Pearson educación. https://www.academia.edu/download/40906399/J_Thieman_William_Y_A_Palladino_Michael_-_Introduccion_A_La_Biotecnologia_2ed.pdf
- Toribio Gonzales, A. (2020). *Mejora en la gestión de la cadena de suministro para incrementar la productividad en una empresa farmacéutica*, Lima 2020. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/4239>
- Torres Murillo, L. V., Hidalgo Urrea, J. E., & Álvarez Paz, D. M. (2024). *Retos y oportunidades de la inteligencia artificial en la gestión de la cadena de abastecimiento en la industria de alimentos* [B.S. thesis, Especialización en Gerencia de Proyectos-Virtual]. <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/13599>
- UNESCO. (2021). *La ingeniería para el desarrollo sostenible*. O <http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-en>. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375634_spa/PDF/375634spa.pdf.multi
- Universidad Católica de Chile. (2020). *Futuros “ingenieros-médicos” se sumarán a la primera línea de la salud | Ingeniería UC*. <https://www.ing.uc.cl/noticias/futuros-ingenieros-medicos-se-sumaran-a-la-primera-linea-de-la-salud/>
- Veliz, T. G. B., Avila, D. A. C., & Bustamante, R. Y. S. (2021). Utilidad del benchmarking como estrategia de mejora empresarial. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(3), 2026-2044.
- Viejó, J. L. M., & Amaguaya, M. A. (2022). Proceso Just in Time (JIT) en las microempresas familiares de Guayaquil, Ecuador. *ConcienciaDigital*, 5(2), 41-53.
- Vilcarromero, R. (2013). La gestión en la producción. *Recuperado el*, 1.
- Villavicencio, D. X. P., Soler, V. G., & Bernabeu, E. P. (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, 1, 50-56.

Nelly Ivonne Guananga Diaz.

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias, carrera de Bioquímica y Farmacia. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0451-7878> nguananga@epoch.edu.ec, nellyguananga13@gmail.com Nació en Riobamba – Chimborazo – Ecuador. Graduada de Dra. Química Especialidad: Orgánica-Bioquímica, y de Maestría en Ciencias en Biotecnología en la ESPOCH. Egresada del Doctorado en Ciencias Ambientales en la Universidad Mayor de San Marcos del Perú. Experiencia en Control de Calidad de la empresa farmacéutica Schering Plough de Ecuador S. A. (1987 – 1988), jefe de Control de Calidad en Orgarina (1998 -1980), docente en la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) en las Facultades de Salud y de Ingeniería (2014 – 2017) en materias de Instrumentación I, Química I, Química II y Laboratorio, y Química Orgánica, docente en la ESPOCH (2011, 2013 – 2014 y desde 2017 hasta la actualidad) en materias de Biología, Biología Molecular, Bioquímica II, Biotecnología Ambiental, Química Inorgánica, Química I, Química Analítica, Impactos Ambientales, y Biorremediación. Investigadora “senior” de la ESPOCH, Investigadora Agregada 2 del SENESCYT Registro Nacional de Investigadores No. REGINV-22-06135. Miembro del Grupo de Investigación Leishmaniosis y otras parasitosis en el Ecuador “LEISHPAREC” de la carrera de Bioquímica y Farmacia, directora de proyecto de investigación, ponente, capacitadora, participante en proyectos de vinculación, en gestión, coautora de libro, y publicación de artículos científicos.

Bryan Guillermo Guananga Rodríguez.

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Mecánica, carrera de Ingeniería Industrial. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9080-6379> bryang.guananga@epoch.edu.ec. Nació en Riobamba – Chimborazo. Ingeniero Industrial graduado en la ESPOCH. En su trayectoria académica, cursó un año de estudios de inglés en la Universidad de Varsovia, Polonia, obteniendo una certificación Cambridge de Nivel B2. Posteriormente, amplió sus conocimientos de Ingeniería con un Máster Universitario en Investigación en Ingeniería Industrial por la “Universidad de Cantabria” en

Santander, España. Además de su formación formal, ha participado en diversos seminarios y certificaciones tanto nacionales como internacionales. En la actualidad, desempeña funciones docentes en la carrera de Ingeniería Industrial en la ESPOCH y es integrante del grupo de investigación GIDENM, adscrito a la Facultad de Mecánica.

José Vicente Soria Granizo

Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniería Industrial. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9464-2263> vsoria@unach.edu.ec, jose.vicente.soria.granizo.2020@gmail.com Nació en Riobamba – Chimborazo – Ecuador. Graduado de Ingeniero Mecánico, y Maestría en Gestión Industrial y Sistemas Productivos en la ESPOCH. Experiencia en Producción mantenimiento y proyectos, en empresas como Ingenio Azucarero la Troncal, PRONACA Plantas de Aves Bucay, Consorcio SANTOS CMI, Constructora Ortiz Rey, y en Docencia en la Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniería Industrial y en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, carrera de Ingeniería automotriz.

Nelly Ivonne Guananga Díaz.

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias, carrera de Bioquímica y Farmacia. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0451-7878>

nguananga@epoch.edu.ec, nellyguananga13@gmail.com Nació en Riobamba – Chimborazo – Ecuador. Graduada de Dra. Química Especialidad: Orgánica-Bioquímica, y de Maestría en Ciencias en Biotecnología en la ESPOCH. Egresada del Doctorado en Ciencias Ambientales en la Universidad Mayor de San Marcos del Perú. Experiencia en Control de Calidad de la empresa farmacéutica Schering Plough de Ecuador S. A. (1987 – 1988), jefe de Control de Calidad en Orgarina (1998 -1980), docente en la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) en las Facultades de Salud y de Ingeniería (2014 – 2017) en materias de Instrumentación I, Química I, Química II y Laboratorio, y Química Orgánica, docente en la ESPOCH (2011, 2013 – 2014 y desde 2017 hasta la actualidad) en materias de Biología, Biología Molecular, Bioquímica II, Biotecnología Ambiental, Química Inorgánica, Química I, Química Analítica, Impactos Ambientales, y Biorremediación. Investigadora “senior” de la ESPOCH, Investigadora Agregada 2 del SENESCYT Registro Nacional de Investigadores No. REGINV-22-06135. Miembro del Grupo de Investigación Leishmaniosis y otras parasitosis en el Ecuador “LEISHPAREC” de la carrera de Bioquímica y Farmacia, directora de proyecto de investigación, ponente, capacitadora, participante en proyectos de vinculación, en gestión, coautora de libro, y publicación de artículos científicos.

Bryan Guillermo Guananga Rodríguez

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Mecánica, carrera de Ingeniería Industrial. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9080-6379> bryang.guananga@epoch.edu.ec. Nació en Riobamba – Chimborazo . Ingeniero Industrial graduado en la ESPOCH. En su trayectoria académica, cursó un año de estudios de inglés en la Universidad de Varsovia, Polonia, obteniendo una certificación Cambridge de Nivel B2. Posteriormente, amplió sus conocimientos de Ingeniería con un Máster Universitario en Investigación en Ingeniería Industrial por la “Universidad de Cantabria” en Santander, España. Además de su formación formal, ha participado en diversos seminarios y certificaciones tanto nacionales como internacionales. En la actualidad, desempeña funciones docentes en la carrera de Ingeniería Industrial en la ESPOCH y es integrante del grupo de investigación GIDENM, adscrito a la Facultad de Mecánica.

José Vicente Soria Granizo

Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniería Industrial. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9464-2263> vsoria@unach.edu.ec,

jose.vicente.soria.granizo.2020@gmail.com

Nació en Riobamba – Chimborazo – Ecuador. Graduado de Ingeniero Mecánico, y Maestría en Gestión Industrial y Sistemas Productivos en la ESPOCH. Experiencia en Producción mantenimiento y proyectos, en empresas como Ingenio Azucarero la Troncal, PRONACA Plantas de Aves Bucay, Consorcio SANTOS CMI, Constructora Ortiz Rey, y en Docencia en la Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniería Industrial y en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, carrera de Ingeniería automotriz.

ISBN: 978-9942-33-863-1



compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica