

INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

Una breve introducción

Blanca Carballo Mendivil, Alejandro Arellano González,
María del Pilar Lizardi Duarte



INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

Una breve introducción

INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

Una breve introducción

Blanca Carballo Mendivil, Alejandro Arellano González,
María del Pilar Lizardi Duarte



Primera edición digital: diciembre 2023

“La presente publicación ha sido dictaminada bajo un proceso doble ciego por pares académicos nacionales e internacionales”.

“Publicación financiada con recurso del Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación (PROFAPI 2023) del Instituto Tecnológico de Sonora”.

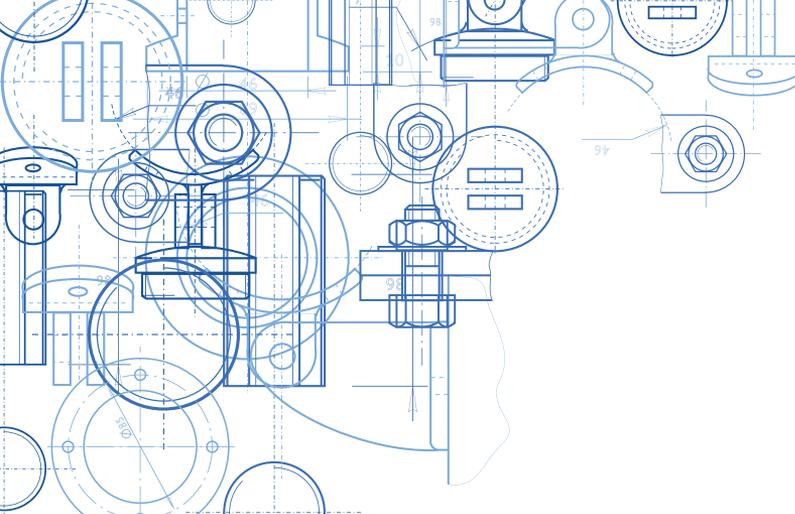
Reservados todos los derechos conforme a la ley

D.R. © 2023 Blanca Carballo Mendivil, Alejandro Arellano González,
María del Pilar Lizardi Duarte

D.R. © 2023 Editorial Fontamara, S.A. de C.V
Av. Hidalgo No. 47-b, Colonia Del Carmen
Alcaldía de Coyoacán, 04100, CDMX, México
Tels. 555659-7117 y 555659-7978
Email: contacto@fontamara.com.mx
coedicion@fontamara.com.mx
www.fontamara.com.mx

ISBN: 978-607-736-849-6

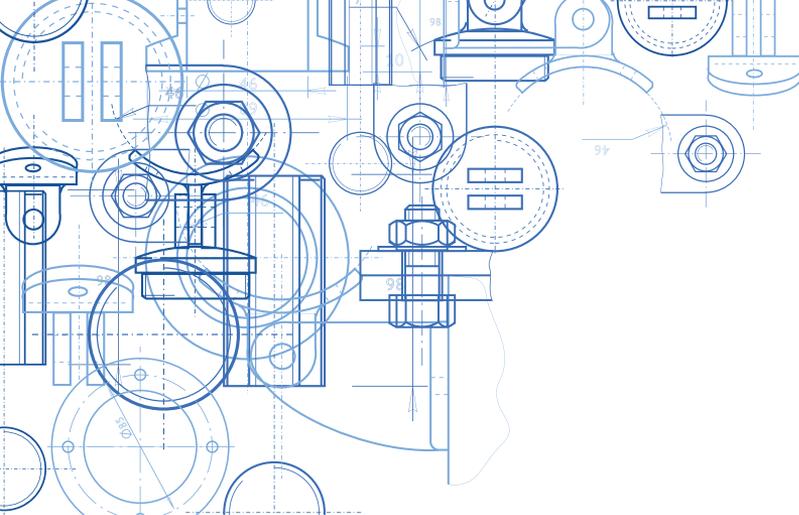
Hecho en México
Made in Mexico



ÍNDICE

PRÓLOGO	9
CAPÍTULO 1.	
¿QUÉ ES LA INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS?	11
1. 1. Concepto de ingeniería industrial	12
1. 2. Orígenes de la ingeniería industrial	12
1. 3. Pensamiento de sistemas aplicado en la ingeniería industrial	17
1. 4. Presente y futuro de la ingeniería industrial y de sistemas.....	22
CAPÍTULO 2.	
LUGARES DE DESEMPEÑO DEL PROFESIONISTA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS	25
2. 1. Estudio de las organizaciones con enfoque de sistemas.....	25
2. 2. Tipología de organizaciones empresariales.....	29
2. 3. Maquiladoras en México.....	34
2. 4. Competencias y áreas de desempeño del profesionista en ingeniería industrial y de sistemas.....	37
2. 5. Taxonomía de problemas que puede resolver un ingeniero industrial y de sistemas.....	41
CAPÍTULO 3.	
GESTIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO	45
3. 1. Procesos: el core en el estudio de la ingeniería industrial	45
3. 2. El diseño organizacional y de procesos bajo un enfoque de sistemas.....	47
3. 3. Diagramas de flujo como herramienta para diseñar procesos.....	51
3. 4. Procesos de negocio y departamentos funcionales.....	56

CAPÍTULO 4.	
GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO	60
4. 1. Evolución del concepto de logística a gestión de la cadena de suministro	61
4. 2. Procesos de la cadena de suministro	65
4. 3. Sistemas de planeación de productos con demanda dependiente	66
4. 4. Proceso de evaluación y selección de proveedores	71
4. 5. Distribución, transporte y almacenamiento	77
CAPÍTULO 5.	
GESTIÓN DE LA EXCELENCIA OPERACIONAL	86
5. 1. Introducción al concepto de excelencia operacional	87
5. 2. Evaluación ergonómica de centros de trabajo	88
5. 3. Lineamientos a cumplir para la seguridad e higiene en el trabajo	95
5. 4. Estudio de métodos para la mejora del trabajo	102
5. 5. Distribución en planta y sus beneficios en la productividad	108
5. 6. Sistemas integrados de manufactura	114
5. 7. Manufactura esbelta y sus herramientas	117
CAPÍTULO 6.	
GESTIÓN DE LA CALIDAD	124
6. 1. Evolución del concepto de calidad	125
6. 2. Estándares ISO y su modelo de Sistema de Gestión de Calidad	127
6. 3. Introducción a las herramientas básicas de la calidad	131
6. 4. Procedimiento para crear gráficos de control	135
6. 5. Procedimiento para elaborar diagramas de Pareto	142
6. 6. Procedimiento para realizar un análisis causa-efecto (Diagrama Ishikawa)	147
CAPÍTULO 7.	
GESTIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA	153
7. 1. Proyectos en ingeniería. Un breve repaso histórico	154
7. 2. Algunos conceptos de contabilidad financiera	155
7. 3. Clasificación de los costos	156
7. 4. Determinación de costos en el sistema de costos por órdenes de fabricación	158
CONCLUSIONES	166
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168
ACERCA DE LOS AUTORES	176



PRÓLOGO

Ingeniería industrial y de sistemas. Una breve introducción es un libro que ha sido estructurado con una serie de temáticas que se han desarrollado alrededor de la disciplina a lo largo de un poco más de 100 años, desde que formalmente su fundador y considerado el “padre” de la disciplina, Frederick Taylor, estableció las bases de la administración científica. Desde entonces, el avance ha sido considerable y pudiéramos decir que abrumador, ya que resulta difícil comprender el mundo en este siglo XXI y su complejidad sin revisar y analizar el gran aporte de esta disciplina y su aportación e impacto en la llamada vida moderna.

Puede parecer un poco pretencioso integrar en una obra como la que aquí se presenta, las diferentes filosofías, metodologías, técnicas y herramientas que dan soporte a la ingeniería industrial; y si aparte le añadimos la perspectiva de sistemas como enfoque al momento de llevar a cabo los diferentes tipos de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación de los proyectos de mejora que buscan la eficiencia, calidad, productividad y excelencia organizacional, el reto es aún mayor.

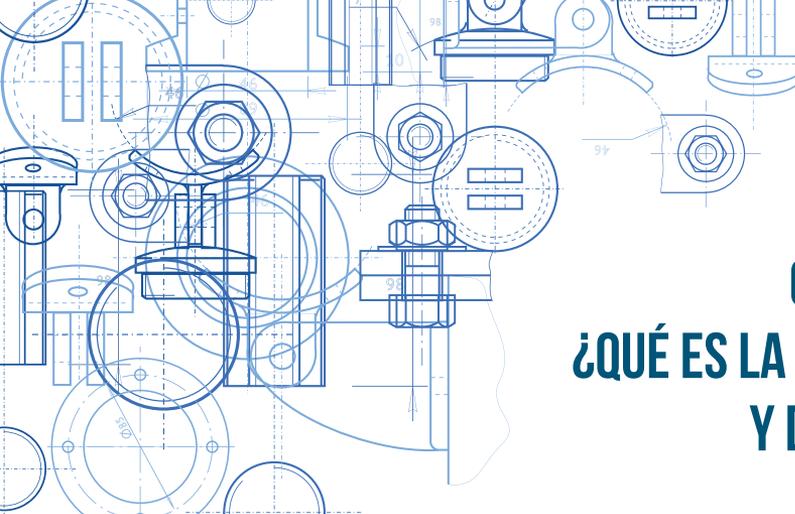
Esta obra no pretende profundizar en cada uno de los temas que se han seleccionado para integrar el capitulado que da cuerpo a esta propuesta, sino que más bien busca ser una guía didáctica y de apoyo académico para que los estudiantes que han tomado la decisión de formarse como futuros ingenieros industriales y de sistemas, puedan contar con la guía de un libro de trabajo que sea complemento de un plan de clase bien estructurado y una didáctica adecuada por parte del profesor en el aula, y que con el respaldo de la tecnología, oriente esa primera incursión de un estudiante por esta extensa y en ocasiones abrumadora área del conocimiento como es la ingeniería industrial y de sistemas.

Los autores consideramos que la mejor estrategia para enamorar al estudiante de la disciplina y que reafirme su vocación por esta rama de la ingeniería es “aprender haciendo”. Por ello, a lo largo de cada capítulo se plantea información teórica y práctica, para cerrar cada apartado con un pequeño reto que se va desarrollando de manera secuencial conforme se avanza con cada capítulo. El enfoque del aprendizaje basado en proyectos (ABP) ha sido el eje pedagógico que animó a estructurar esta obra como un libro de trabajo.

No se pretende que el estudiante que utilice este libro termine siendo un experto en todos y cada uno de los distintos temas abordados en cada capítulo, pero sí que al menos viva en “carne propia” algunas de las técnicas y herramientas que se han seleccionado para incorporarlas en la obra, al aplicarlas en un caso práctico de manera muy básica y vivencial, de tal manera que se vaya familiarizando con la terminología y tecnicismos de la disciplina a un nivel de complejidad inicial, para que en semestres posteriores pueda profundizar en los temas que aquí se le presentan, a un nivel muy básico y genérico, en cada uno de los cursos del plan de estudios.

Esperamos que este libro pueda ser de utilidad a los colegas que trabajamos en esta fascinante disciplina formando a los nuevos ingenieros industriales y de sistemas que el país y la sociedad necesita. Además, que sea útil como un pequeño libro de bolsillo para que el estudiante pueda usarlo como guía y le ayude a no perderse en el mar de técnicas y herramientas que han enriquecido esta noble y pocas veces comprendida profesión.

Los autores



CAPÍTULO 1.

¿QUÉ ES LA INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS?

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya terminado de estudiar este capítulo, usted estará en condiciones de:

- Describir qué es la ingeniería industrial y cómo ha evolucionado desde su origen.
- Identificar algunos de los precursores el origen de la profesión y su aportación a la disciplina.
- Explicar la importancia del pensamiento de sistemas en la ingeniería industrial y su impacto en la forma de abordar un problema.
- Analizar los retos que se le presentan al ingeniero industrial y de sistemas en la actualidad y en el futuro.

Introducción

En este capítulo se da una explicación de la acepción de ingeniería y se presenta el significado de la Ingeniería Industrial, mencionando a grandes rasgos lo que se espera que pueda realizar un profesionalista que estudie esta carrera.

También se presenta una breve historia de sus orígenes y cómo ha sido su evolución a través de los años, desde el inicio de la Primera Revolución Industrial del siglo XVI hasta la actualidad. Esto se realiza para entender cómo nació la necesidad de un experto en esta disciplina, y cómo sus propósitos dentro de las organizaciones han ido evolucionando en función de los cambios ocurridos en el entorno. Asimismo, se presentan algunos de los personajes más significativos que contribuyeron en el desarrollo de la profesión, mencionando un resumen de su aportación principal, incluyendo a Taylor, los esposos Gilberth, Ford, Bertalanffy, Deming, entre otros.

Asimismo, se explica cómo se vio afectada la visión inicial de la ingeniería industrial cuando surge un nuevo paradigma para ver el mundo: el pensamiento de sistemas. Se detalla cómo este enfoque evolucionó, explicando cómo se abordaban los sistemas desde la parte dura, luego cómo esto cambió al considerar la parte blanda, y cómo ambas perspectivas son consideradas al estudiar el sistema sociotécnico en su conjunto.

Por último, se presenta lo que se espera del ingeniero industrial en la actualidad y los campos de acción futura de este profesionalista, atendiendo los cambios en el entorno que están sucediendo y se esperan más adelante.

1. 1. Concepto de ingeniería industrial

Para llegar a la definición de qué es la ingeniería industrial, se debe partir de entender qué es la ingeniería (Gutarra Meza, 2015). La definición oficial de ingeniería en la lengua española es: el conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial (Real Academia Española [RAE], 2022).

La **ingeniería**, como disciplina, es básicamente la aplicación de las ciencias matemáticas y las ciencias naturales (física, química y biología) junto con otras disciplinas, conceptos y conocimientos derivados o afines a ella, para manipular, utilizar y transformar los recursos y fuerzas de la naturaleza, con el objeto de diseñar y construir soluciones a determinados problemas de la sociedad y de la humanidad en general (González Ortiz & Villamil Rozo, 2022).

El ingeniero es básicamente un solucionador de problemas, para lo cual se vale de una metodología especial denominada **enfoque ingenieril**, que es específico para cada una de las ramas de la ingeniería (González Ortiz & Villamil Rozo, 2022) y que agrupa tres habilidades fundamentales que debe tener cualquier ingeniero: a) conocimiento y capacidad de aplicación de las **ciencias**, b) conocimiento de la **realidad** y su problemática, y c) capacidad de desarrollo de **soluciones** innovadoras y aplicables. Esos tres elementos identifican esta profesión sin importar su especialidad y se basan en la aplicación y la rigurosidad científica para el desarrollo de las técnicas y modelos propios de cada disciplina (Gutarra Meza, 2015).

Específicamente, en la ingeniería industrial se forman expertos en cinco aspectos: a) **materiales y procesos de manufactura**: desarrollan habilidades para el diseño de procesos de manufactura que resulten en productos que cumplan con los requerimientos en los materiales utilizados y en las normas; b) **procesos productivos, almacenamiento e ingeniería de producto**: generan la habilidad para el diseño de productos y equipo, herramientas o dispositivos y el ambiente necesario para su manufactura; c) **competitividad manufacturera**: son capaces de crear una ventaja competitiva a través de la planeación de la manufactura, estrategia, calidad y control; d) **diseño de sistemas de manufactura**: pueden analizar, sintetizar y controlar las operaciones de manufactura utilizando métodos estadísticos; y e) **simulación** en laboratorio de manufactura o instalaciones necesarias para los procesos: pueden medir las variables asociadas al proceso de manufactura y el desarrollo de técnicas que marquen tendencias en el proceso, tomando en cuenta las necesidades y los impactos social, económico y ambiental en la solución técnica propuesta (Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería [CACEI], 2018).¹

Así pues, una persona que haya estudiado Ingeniería Industrial debe ser capaz de diseñar, desarrollar, implementar y mejorar sistemas integrados que incluyan personas, materiales, información, infraestructura y equipamiento y energía, promoviendo la integración de los sistemas, utilizando prácticas analíticas, computacionales y experimentales adecuadas, así como sistemas y *software* (CACEI, 2018).

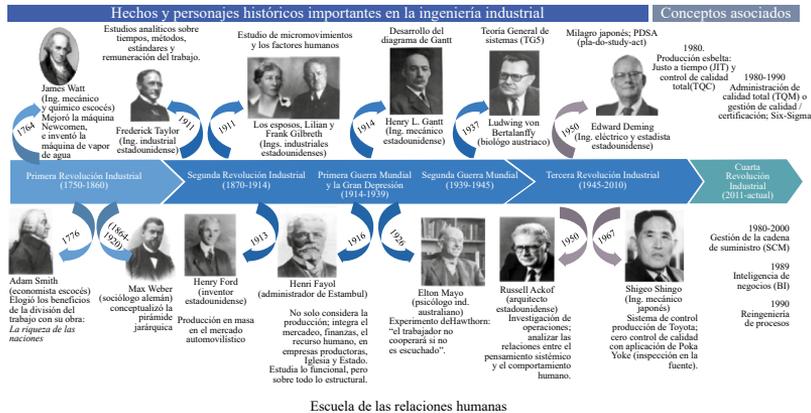
1. 2. Orígenes de la ingeniería industrial

Toda persona que haya estudiado Ingeniería Industrial, con o sin especialidad o acentuación, está obligada a saber y comprender los orígenes de su disciplina, y para ello hay que remontarse a la historia. Por tal razón, a continuación, se repasan algunos hechos históricos que sintetizan

¹ CACEI es una asociación civil cuyo objetivo primordial es, mediante la acreditación de los programas educativos en el área de las ingenierías, promover que las instituciones de educación superior (IES) ofrezcan educación de calidad a los estudiantes inscritos en programas de ingeniería en México.

cuándo y por qué nació esta profesión, quién es la persona a la que se le considera el padre de la ingeniería industrial, y qué otros personajes han influido en su desarrollo, y así comprender un poco mejor a qué se dedican los profesionistas que estudian esta carrera. Esta historia se resume en la línea de tiempo de la Figura 1.

Figura 1. Línea del tiempo de la ingeniería industrial



Escuela de las relaciones humanas

Fuente: Elaboración propia.

¿Cuándo nació la carrera de Ingeniería Industrial? No tiene mucho tiempo de su existencia, hace alrededor de 100 años, pero su origen va más atrás, desde los cambios que se dieron en los países cuando pasaron de vivir de manera artesanal, es decir, cuando todo lo que construían lo hacían con las manos, a empezar a usar a las máquinas para ayudarse en sus labores, gracias a la invención de la máquina de vapor de **James Watt**² en Inglaterra. Este momento histórico en la vida se llama Revolución Industrial.³

Cuando el ser humano logró controlar la energía a través del uso de esta máquina que funcionaba con vapor, tenía energía a su disposición, y al tener y controlar energía pudo conectarle otras máquinas que hicieran su trabajo. Así surge la producción fabril y las grandes fábricas, y la gente que vivía en el campo pasó a buscar trabajo en esas fábricas, ya que era forma de ganarse el dinero, así que dejan el campo para ir a la ciudad a trabajar en estas fábricas y obtener un salario.

Sin embargo, en esos momentos las condiciones de trabajo eran difíciles, y ante ello, como en muchas situaciones, aparecen personas inquietas que piensan que las cosas se pueden mejorar. Una de estas personas fue **Frederick Winslow Taylor**,⁴ a quien luego se le llamó padre de la administración científica, que derivó luego en lo que hoy conocemos como ingeniería industrial. En sus trabajos, su pregunta siempre fue: cómo podemos hacer más productiva a la empresa, y se dio cuenta que para eso necesitaba estudiar el trabajo, y asignarle las tareas al trabajador ade-

² Ingeniero mecánico, inventor y químico escocés (1736-1819), que realizó mejoras en la máquina de Newcomen para obtener la conocida máquina de vapor de agua, que resultaría fundamental en el desarrollo de la Primera Revolución Industrial.

³ La Revolución Industrial o Primera Revolución Industrial es el proceso de transformación económica, social y tecnológica que se inició en la segunda mitad del siglo XVIII y concluyó entre 1820 y 1840. Durante este periodo, se vivió un gran cambio: el paso de una economía rural, basada fundamentalmente en la agricultura y el comercio, a una economía de carácter urbano, industrializada y mecanizada. Para ver un resumen de estos eventos, consultar el extracto del video de BullyMagnets (2017), donde se habla de la primera y segunda Revolución Industrial: <https://youtu.be/ha-K8b3HhV0>

⁴ Ingeniero mecánico estadounidense (1856-1915), promotor de la organización científica del trabajo. Considerado el padre de la administración industrial.

cuadramente para que diera un mejor rendimiento en beneficio de la empresa. A esto se le llamó el principio de la **división del trabajo**, que es la fragmentación o descomposición de una actividad en tareas más simples, y su reparto entre las diferentes personas, considerando su habilidad, conocimientos y fuerza física (Taylor, 1912).

Otros autores que aportaron al desarrollo de la administración científica fueron **Henry L. Gantt**⁵ y los **esposos Gilbreth**⁶ para la organización racional del trabajo. El aporte más reconocido de Gantt fue el llamado **Gráfico de Gantt**, muy aplicado en la actualidad como instrumento de planeación y control de proyectos, ya que facilita la programación de actividades y uso de recursos a través del tiempo. Por su parte, los esposos Gilbreth desarrollaron las técnicas de **estudios de micromovimientos**, para identificar los movimientos que normalmente son efectuados en un trabajo y así establecer los mínimos necesarios para realizar un trabajo eficiente; los micromovimientos fundamentales, a los cuales llamaron *therbligs* (Gilbreth escrito al revés, pero con la th invertidas), son 17: buscar, seleccionar, sujetar, alcanzar, mover, sostener, soltar, colocar, colocación previa, inspeccionar, ensamblar, desensamblar, usar, retrasos inevitables, retrasos evitables, planear y descansar para sobrellevar la fatiga. Los esposos Gilbreth también realizaron estudios sobre los efectos de la fatiga en la productividad, lo cual realzó la importancia de adaptar las máquinas a las condiciones anatómicas del hombre (Gutarra Meza, 2015).

Adicionalmente aparece en escena **Henry Ford**,⁷ empresario que revolucionó el trabajo en las fábricas con su modo de organizar la producción en la compañía ensambladora de autos que lleva su nombre (The Ford Motor Company), utilizando bandas transportadoras para mover las piezas en la línea de ensamble, y así tener un **sistema de producción en masa más eficiente que el tradicional** (Radetich Filinich, 2016).

Sin embargo, los principios de Taylor presentan una observación realizada tiempo atrás sobre las relaciones del hombre y de la máquina, hecha por economistas como **Adam Smith**,⁸ quien percibió una reducción frecuente de la actividad del obrero, por el uso de la máquina, a algunos gestos limitados, y siempre los mismos que, en su opinión, era una consecuencia desfavorable, pero para Taylor era una regla para generalizar (Wallon, 1947).

Taylor buscaba incorporar el hombre a la máquina, tratándolo como a ella, ya que en el acto de fabricación los movimientos del hombre y de la máquina no hacen otra cosa que complementarse, y como los movimientos de la máquina se regulan rigurosamente, ¿por qué no los movimientos del hombre?

Así pues, en la era de las máquinas, el concepto de ciencia fue **reduccionista**,⁹ con pensamiento analítico y mecanicista, donde se consideraba al trabajador, por sus dimensiones anatómicas y fisiológicas, **sólo como un** ente económico y no social. Sin embargo, estos principios de la administración científica fueron la piedra angular de aportaciones en las que se basaron otros científicos como **J. Henri Fayol Le Maire** para crear la teoría de la administración clásica, que iba más allá del enfoque de Taylor (que estaba basado en la tarea del trabajador) sobre la administración de

⁵ Ingeniero mecánico estadounidense (1861-1919), conocido por el desarrollo del diagrama de Gantt en la década de 1910.

⁶ Franck Gilbreth (1868-1924) y Lillian Gilbreth (1878- 1972) fueron ingenieros expertos en eficiencia, quienes contribuyeron a la ingeniería industrial en campos del estudio de movimientos y factores humanos.

⁷ Empresario y emprendedor estadounidense (1863-1947), fundador de la compañía Ford Motor Company y padre de las cadenas de producción modernas utilizadas para producir en masa.

⁸ Economista y filósofo escocés (1723-1790), conocido principalmente por su libro *La riqueza de las naciones*, que es un estudio acerca del proceso de creación y acumulación de la riqueza. Considerado como el padre de la economía. Para más información, véase video de BullyMagnets (2020): <https://youtu.be/031VE1rEt30>

⁹ Término derivado de la Teoría de Sistemas, utilizado para indicar que algo es perteneciente o relativo al reduccionismo, método filosófico que emplea la reducción fenomenológica, es decir, que realiza una simplificación, normalmente exagerada o excesiva, de algo complejo.

la organización, además que mostraba más respeto por los trabajadores (abogaba por la equidad en su trato) y consideraba que pueden estar motivados por algo más que solamente por el dinero.

Las grandes diferencias entre el trabajo de Taylor y de Fayol eran que el primero analizaba las unidades de actividad más elementales: las acciones de los trabajadores, luego estudiaba los efectos de estas acciones en la productividad de la empresa, y diseñaba nuevos métodos para hacerlos cada vez más **eficientes** en estos niveles inferiores de la jerarquía organizacional, recibiendo órdenes diarias y ayuda de varios jefes diferentes. Por su parte, Fayol (1971) consideraba que esto ignoraba un principio básico defendido por personajes como **Max Weber**:¹⁰ la **unidad de mando**, en donde las órdenes, recompensas y penalizaciones fluyen desde los jefes, ubicados en la punta de la pirámide organizacional, hasta la base operativa, donde los trabajadores ejecutan las tareas esperando que regrese la información requerida de lo sucedido al ejecutar las actividades para tomar decisiones al respecto (Weber, 1993). Este principio, así como el de división de trabajo de Taylor, se incluyó como parte de su obra, donde propone un total de **14 principios de administración** para ayudar a los gerentes a gestionar una empresa de manera más efectiva (Wren, 1995).

Así, con este tipo de contribuciones comenzó el surgimiento del interés de las ciencias sociales, sobre todo de la psicología, en el estudio para contribuir a la administración de las organizaciones productoras de bienes y servicios, se inició lo que se reconoció como el movimiento de **relaciones humanas** para la administración de las organizaciones con personajes como **G. Elton Mayo**,¹¹ como una reacción de oposición a la teoría clásica de la administración de Taylor que consideraba solamente aspectos de capacidades físicas de los trabajadores. En cambio, este movimiento considera cuestiones psicosociales y antropológicas de las personas involucradas en los fenómenos, procesos, organizaciones y sistemas administrativos.

Las conclusiones a las que llegó Elton Mayo después de realizar el experimento de Hawthorne en una fábrica de equipos y componentes telefónicos (Western Electric), fueron que efectivamente el nivel de producción se determina por la capacidad física o fisiológica del trabajador (teoría clásica), pero que las normas sociales y las expectativas que lo rodean también son factores importantes. Que las personas son seres sociales y se apoyan en grupo, es decir, los trabajadores no actúan ni reaccionan aisladamente como individuos, y cuando los obreros producían por fuera de lo normal o estándar, perdían el afecto y el respeto de los compañeros. Que cualquier cambio produce una reacción en el personal, y cuando el trabajador se siente bien, es más productivo a la hora de trabajar (Mayo, 1946).

Asimismo, en la evolución del movimiento de las relaciones humanas apareció otra de las aportaciones más significativas respecto al estudio de los fenómenos, impulsada por **Ludwing Von Bertalanffy**,¹² quien tiene una concepción humanista de la naturaleza humana opuesta a la concepción reduccionista, mecanicista y analítica del taylorismo y fordismo, que fueron sustituidas por los principios de **expansionismo, teleología y pensamiento sintético** reflejados en su obra (Bertalanffy, 1968): la Teoría General de Sistemas (TGS), donde afirma que las propiedades de los sistemas en general no pueden describirse significativamente en términos de sus elementos

¹⁰ Sociólogo, economista, jurista, historiador y politólogo alemán (1864-1920), cuyas aportaciones más importantes se relacionan con la sociología de la religión y el gobierno, pero también en el campo de la economía, trabajando en las organizaciones con estudios sobre burocracia y poder.

¹¹ Fue un teórico social, sociólogo y psicólogo industrial australiano (1880-1949), especializado en las relaciones humanas que, con el experimento Hawthorne, demostró que no existe cooperación de los trabajadores en los proyectos, si no son escuchados ni considerados por sus superiores.

¹² Biólogo y filósofo austriaco (1901-1972), reconocido fundamentalmente por su Teoría General de Sistemas (TGS).

separados, sino que solamente pueden comprenderse cuando se estudian globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus partes (Perea Rivera, 2008).

Bertalanffy es considerado como uno de los precursores del movimiento de sistemas la década de 1930, aunque su obra fue publicada hasta 1968 debido a la Segunda Guerra Mundial, y generó un cambio de paradigma, un nuevo modo de ver, sistémicamente, la ciencia y la realidad: **el enfoque o pensamiento de sistemas**.

Puede decirse que el movimiento de sistemas está constituido por aportaciones que se dieron entre el fin de la Primera Guerra Mundial y el comienzo de la Segunda por los científicos y técnicos que hicieron posible el triunfo de los aliados, así como la reconstrucción, mejoramiento y crecimiento industrial que vino después, gracias a la aplicación de las técnicas y herramientas sistémicas que durante ese lapso se desarrollaron.

Uno de esos científicos es **Rusell Ackoff**,¹³ quien al inicio del movimiento hizo aportaciones para la resolución de problemas con énfasis en modelos matemáticos, técnicas y herramientas relativas a la optimización, la probabilidad, la estadística y la computación. Sin embargo, luego aplicó la teoría para generar su concepto de planeación de la empresa en su libro publicado en la década de 1970, y sus aportaciones subsecuentes sobre planeación estratégica, analizando las posibilidades de diferentes filosofías, actitudes y tipologías de planeación, hasta llegar a proponer e impulsar lo que llamó la planeación interactiva para enfrentar sistemas de problemas (Ackoff, 2012).

La planeación es el punto inicial de todo proceso que se orienta a la mejora, como se expresa en el trabajo de Walter A. Shewhart, difundido ampliamente por **Edward Deming**¹⁴ en las empresas japonesas después de la Segunda Guerra Mundial, el ciclo PHVA o PDCA (por sus siglas en inglés): planear-hacer-verificar-actuar.

Deming afirma que todo proceso es variable y cuanto menor sea la variabilidad de éste, mayor será la calidad del producto resultante, y pueden generarse dos tipos de variaciones: comunes y especiales. Las primeras están permanentemente presentes en un patrón que puede predecirse y controlarse. Las segundas son esporádicas y provocan defectos en la fabricación, por lo cual se deben hacer esfuerzos para conocer las causas que las originan y eliminarlas para evitar que tales defectos vuelvan a ocurrir. A esto se le llama **control estadístico de procesos**.

En este ambiente de fabricación japonés, surge también otra de las grandes aportaciones de la ingeniería industrial, promovida por Shigeo Shingo,¹⁵ quien primeramente estudió y aplicó el control estadístico de la calidad, pero luego llegó a la conclusión de que éste no era necesario para conseguir cero defectos, sino que bastaba con introducir instrumentos mecánicos sencillos (llamados *Poka Yoke*) en los procesos de ensamblaje, así como inspeccionar la fuente de generación del producto, con el objetivo de prevenir que las partes sean ensambladas erróneamente. Esto es la base del **cero control de calidad**.

Estos aportes de Shingo, en conjunto con los trabajos realizados por Sakichi Toyoda (fundador de Toyota), su hijo Kiichiro, y Taiichi Ohno, llevaron a lo que se conoce como el Sistema de Producción Toyota (TPS, por sus siglas en inglés) entre 1940 y 1970, originalmente llamado Producción Justo-a-tiempo, que es un sistema integral de producción y gestión que se da “justo a tiempo” que, aunque toma como modelo referencial a la producción en masa, incluye la flexibilidad en el trabajo para aumentar la productividad a través del trabajo combinado que supera

¹³ Arquitecto y doctor en ciencias (1919-2009), promotor del enfoque de sistemas y la investigación de operaciones aplicada al campo de las ciencias administrativas.

¹⁴ Estadístico estadounidense (1900-1993), difusor del concepto de calidad total.

¹⁵ Ingeniero mecánico japonés (1909-1990), considerado uno de los líderes en prácticas de manufactura en el Sistema de control Producción de Toyota, creador del Cero Control de Calidad.

a la mecanización e individualización del trabajador, elemento característico del proceso de la cadena Ford. Este sistema es el precursor de la **producción esbelta** o *Lean Manufacturing*.

Por último, todos estos avances de las técnicas y herramientas mencionados en esta reseña siguieron evolucionando durante las décadas de 1970 y 1980, incrementándose en la década de 1990 con la revolución computacional, de la informática y la comunicación que la Internet ha permitido, dando paso a la globalización y a la generación de otros grandes avances científicos y tecnológicos en las que se basa la ingeniería industrial, tales como la **producción esbelta**, **Six Sigma**, **administración de la calidad total (TPQ)** y **certificación de procesos**, **gestión de la cadena de suministro (SCM)**, **reingeniería y administración de procesos de negocio (BPM)**, **inteligencia de negocios (BI)**, entre otros.

MATERIAL COMPLEMENTARIO

Precursor	Enlace al video	Descripción del video
Frederick W. Taylor	https://youtu.be/9EDHgO5M0JY	Resume las principales aportaciones de Taylor a la administración, y una representación del taylorismo basada en una escena de la película de Chaplin (<i>Tiempos modernos</i>).
G. Elton Mayo	https://youtu.be/h5sJKGxMo5Q	Señala algunos datos biográficos de Mayo, así como sus principales aportaciones a la administración con su teoría de las relaciones humanas y sus estudios Hawthorne
Henri Fayol	https://youtu.be/GDIp7PPXmRU	Resume las aportaciones de Fayol como exponente de la escuela clásica de la administración.
Henry Ford	https://youtu.be/LhElPIFFw8	Parte del documental de History Channel sobre Henry Ford.
Ludwing von Bertalanffy	https://youtu.be/7OvukrihpxU	Incluye con algunos datos biográficos de Bertalanffy y conceptos relacionados con la TGS.
Edwards Deming	https://youtu.be/GBPN_VrR1FY	Explica los 14 principios de la calidad, que es el aporte de Deming a la gestión de la calidad
Shigeo Shingo	https://youtu.be/C1Jul-QVYjk	Menciona algunas de las aportaciones de Shigeo Shingo y su contribución en la creación del Sistema de Producción de Toyota

1.3. Pensamiento de sistemas aplicado en la ingeniería industrial

El pensamiento de **sistemas** se considera un movimiento que inició después de la Primera Guerra Mundial y terminó antes del inicio de la Segunda, y que ha llegado a impactar gran parte de las actividades académicas y profesionales, de tal manera que ha transformado las ciencias, la tecnología, las artes, las culturas, las sociedades.

La evolución del movimiento de sistemas se presenta a continuación, relacionándola con los principales acontecimientos históricos mundiales y tratando de mostrar que el movimiento de sistemas debe de reimpulsarse para enfrentar de mejor manera la problemática del desarrollo de la humanidad y la preservación de nuestro planeta.

Primera etapa de la era de los sistemas: los sistemas duros

Desde fines de la década de 1930, comenzaron a gestarse conceptos de sistemas con métodos basados en la ciencia, tratando de superar las limitaciones del reduccionismo, del pensamiento analítico y mecanicista de la ciencia de la era de las máquinas.

Una de las primeras actividades que empezaron a desarrollar y aplicar el enfoque de sistemas es la **investigación de operaciones (IO)**, actividad con metodología científica más o menos definida para atender problemas y encontrar soluciones definitivas, cuyos conceptos tuvieron éxito al colaborar significativamente en la victoria de los países aliados en la Segunda Guerra Mundial y que también tuvo éxito al aplicarse en la industria productora de bienes y servicios, tanto privadas como públicas, después de la guerra, a pesar de que no fue sino hasta 1951 que se publicó el primer libro al respecto.

Los grandes esfuerzos de los gobernantes para reconstruir lo destruido por la guerra y readaptar las producciones industriales y regresar a las sociedades a tiempos de paz, hicieron uso de lo aprendido por los grupos o equipos de científicos y técnicos para incrementar logros y éxitos, que rápidamente se difundieron, tanto en actividades académicas como profesionales, haciendo surgir actividades similares a la IO, como la **ingeniería de sistemas** y el **análisis de sistemas**, que también lograron avances significativos. Estos avances no sólo permitieron la reconstrucción en la posguerra, sino también coadyuvaron en otras guerras, como la de Corea (1950-1953).

Los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, además de la confrontación en Corea, vieron surgir lo que se denomina la etapa de la Guerra Fría,¹⁶ que dio como resultado un incremento de gastos en la industria militar, y coadyuvó también a la expansión de la ciencia y tecnología y los avances sistémicos que ya se habían expandido a gran diversidad de actividades.

En la década de 1950 se resolvieron una gran variedad de problemas aplicando modelos, técnicas y herramientas de la investigación de operaciones en la administración de sistemas, y aparece la **ingeniería de sistemas**, que es otra de las actividades en que se desarrollaron y aplicaron conceptos de sistemas y donde se dio mayor énfasis a los **modelos matemáticos**, las técnicas y herramientas de sistemas, con un método más orientado a la creación de sistemas tecnológicos de ingeniería.

Es importante mencionar que durante la época de la Guerra Fría, en 1957 se inicia el Programa Sputnik, que consistió en una serie de misiones espaciales no tripuladas lanzadas por la Unión Soviética para demostrar la viabilidad de colocar satélites artificiales en la órbita terrestre, mostrando al mundo su avance científico, tecnológico e industrial. Esto hizo que a principios de la década de 1970 el gobierno de Estados Unidos iniciara su compromiso con lo que denominó la *carrera por el espacio*, para poner un hombre en la Luna a través de su Programa Apolo (que se inició en 1960), antes que lo hicieran sus oponentes, lo que provocó aún más incrementos en los gastos en investigación y desarrollo científico, tecnológico e industrial. Con esto, los esfuerzos sistémicos se vieron reforzados, enfatizando los desarrollos teóricos y aplicativos, pero dejaron a un lado los aspectos metodológicos y de participación sistémica, considerados por los precursores del movimiento de sistemas como características imprescindibles en la conceptualización de los sistemas, impidiendo que los problemas se solucionaran y provocando otros.

En este tiempo, Hall (1962) señala las similitudes entre la ingeniería de sistemas y la investigación de operaciones: la interdisciplinariedad, las técnicas y herramientas usadas y el considerar sus objetos de estudio como sistemas en que interactúan los aspectos sociales y tecnológicos, a pesar de que difieren en los fines que persiguen (pues considera que la investigación de operaciones

¹⁶ Enfrentamiento ideológico que tuvo lugar desde 1945 (fin de la Segunda Guerra Mundial) hasta el fin de la URSS y la caída del comunismo, que se dio entre 1989 (caída del Muro de Berlín) y 1991 (golpe de Estado en la URSS), entre los bloques occidental-capitalista, liderado por Estados Unidos, y oriental-comunista, liderado por la Unión Soviética

generalmente se preocupa de las operaciones de un sistema ya existente y que la ingeniería de sistemas se ocupa de la creación, desarrollo y puesta en operación de nuevos sistemas).

Asimismo, en esta década de 1960 los científicos señalaron la interrelación entre la investigación de operaciones con otras metodologías. Por un lado, relacionaron el **análisis de operaciones y la teoría económica** a través de los modelos matemáticos, técnicas y herramientas en el estudio de esos fenómenos y en la toma de decisiones para resolver problemas; mientras que, por otro, se formaliza la interacción con **la cibernética y la administración** a través de los conceptos de sistemas, complejidad, modelos, decisión, comunicación y control de manera integral.

Otros científicos, como Ackoff, exploran las fronteras de la investigación de operaciones y las amplían para resolver no sólo problemas tácticos, sino para enfrentar problemas estratégicos; es decir, solucionar problemas en sistemas y además enfrentar sistemas de problemas a partir de la **planeación**.

Hasta aquí, con esta evolución sistémica de la posguerra, el estudio de los sistemas se ve desde dos perspectivas: la primera, limitada al desarrollo y aplicación de técnicas y herramientas orientados a la solución de ciertos problemas, lo que produjo la idea equivocada de que los sistemas son sólo una parte de las matemáticas aplicadas, o que sólo se encargaba del desarrollo de sistemas de cómputo automático, difundiendo una imagen de los sistemas fría e inhumana, sin el espíritu holístico que sus precursores trataron de imprimir en este movimiento. Y la segunda, que afortunadamente mantenía las ideas iniciales, que continuaron su desarrollo casi en forma simultánea a la primera, proporcionando al movimiento de sistemas sus bases filosóficas y teóricas sólidas: consideración al hombre con todas sus características, incluyendo su medio social y natural.

Y es así como Churchman (1971) publicó su libro *Diseño de sistemas de indagación*, donde presenta su análisis de la filosofía y la naturaleza del método científico, insistiendo en la relación de la metodología de sistemas con los procesos de indagación vistos como sistemas, y de éstos con la filosofía. Se reconoce que esta última, además de definirse de manera general como el amor por el conocimiento y la sabiduría, involucra la insistencia de promover primordialmente un nuevo *weltanschauung*, o visión del mundo (cosmovisión), de ver la realidad como sistemas donde se relacionan los aspectos naturales, sociales y tecnológicos; y cómo interactuar con ellos para obtener conocimiento o para transformarlos al contestar preguntas y resolver problemas; es decir, insiste en la consideración social y humana no como un medio, sino como un fin, por lo que se le puede considerar una de las principales aportaciones metodológicas de la segunda etapa histórica de la era de los sistemas.

Segunda etapa en la era de los sistemas: los sistemas suaves y los sistemas sociotécnicos

Las ideas de los precursores del movimiento de sistemas en la primera etapa también tuvieron eco en al menos otros dos caminos de evolución casi simultáneos (el de los sistemas suaves y los sistemas sociotécnicos), que poco a poco se fueron entrelazando y fueron construyendo las bases filosóficas, teóricas y prácticas más sólidas del movimiento de sistemas.

**El camino de los sistemas suaves*

Este segundo camino comenzó desde el surgimiento del movimiento de las relaciones humanas en la administración de las organizaciones, cuyos esfuerzos establecieron los cimientos iniciales para construir, ampliar e impulsar una visión **expansionista**, aunque el concepto científico que guiaba las acciones tenía como base principal la ciencia convencional de la era de las máquinas.

Sin embargo, tal como ya se explicó, estos esfuerzos limitados fueron significativos al tener una consideración más amplia del comportamiento humano y sentaron el rumbo a una visión más humanística en el estudio de la administración de las organizaciones.

A partir de las críticas a las propuestas de Taylor y Fayol, **Herbert A. Simon** (1947) enfatiza la importancia de los procesos de decisión y establece lo que se conoce como la **teoría de la toma de decisiones**,¹⁷ para sustituir la orientación simplista clásica de los modelos económicos que existían hasta el momento, haciendo notar que los tomadores de decisiones reales frecuentemente cuentan con información incompleta e imperfecta sobre las alternativas, sus consecuencias, la incertidumbre, ambigüedad y complejidad, y que por ello existen diferentes posibilidades en el modo de proceder, considerando la aleatoriedad, preferencias y objetivos que con frecuencia están contrapuestos o en conflicto.

Otra de las aportaciones significativas de Simon, que lo hicieron merecedor del Premio Nobel de Ciencias Económicas 1978, fue remarcar que existen dos tipos de decisiones: estructuradas y no estructuradas, y que las alternativas modernas de solución pertinentes para las primeras incluyen la aplicación de la investigación de operaciones con sus modelos matemáticos y de la computación, pero para las segundas recomienda el entendimiento del proceso humano para solucionar problemas, la **simulación** del pensamiento humano, las respuestas flexibles y adaptables, la **inteligencia artificial**, los sistemas expertos, entre otros.

Por otro lado, en esta época de devastación por la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de la reestructuración y mejoramiento de la producción industrial, un grupo de sociólogos del Instituto Tavistock de Londres de Relaciones Humanas intervinieron en las organizaciones aplicando el **proceso de investigación-acción**, desarrollado por el psicólogo social Kurt Lewin para estudiar fenómenos sociales, convirtiéndose en la forma de enfrentar problemas en organizaciones vistas como sistemas. Las fases de la investigación-acción son: 1) Ganar acceso al sistema, 2) Identificar los problemas con los miembros del sistema, 3) Recolección de datos y diagnóstico preliminar, 4) Retroalimentación del diagnóstico preliminar a los miembros, 5) Diagnóstico conjunto del problema, 6) Tomar acción acordada por los miembros, y 7) Evaluar resultados.

Además, en esta segunda etapa, a fines de 1954 Bertalanffy, en un esfuerzo interdisciplinario, y otros científicos constituyeron la Sociedad para el Avance de la Teoría General de Sistemas (en inglés *Society for the Advancement of General Systems Theory*), que dos años después cambió de nombre a Sociedad para la Investigación de Sistemas Generales (en inglés *Society for General Systems Research*). Esfuerzos que se vieron ampliados con las aportaciones de la visión del hombre, del mundo y filosofía sistémicas de diversos autores como Peter Checkland, quien desde 1972 comenzó a señalar la necesidad de desarrollar métodos apropiados para los sistemas suaves, así como a empeñar su esfuerzo en definir uno basado en el método de la investigación-acción y otros conceptos, obteniendo en 1981 su metodología de sistemas suaves (SSM), que difiere en considerar al individuo y los grupos sociales como simples entes que sólo buscan alcanzar metas actuando como máquinas.

Si se contrastan los métodos de sistemas presentados en el primer camino histórico, donde se logró la resolución de problemas de sistemas en organizaciones productoras de bienes y servicios, se ve que éstos han mantenido su énfasis en modelos matemáticos, técnicas y herramientas, destacando en su desarrollo y aplicación las relativas a la **optimización**, la **probabilidad**, la **estadística** y la **computación**. Se basan en investigación orientada a la acción. Con esto se ha producido la apariencia de que los sistemas son equivalentes o parte de las matemáticas aplicadas. También

¹⁷ La teoría de la decisión es un método para la toma de decisiones que se caracteriza por hacer elecciones de forma coherente cuando se presentan varias opciones.

se ha aparentado que las actividades de sistemas se basan en conceptos de ciencia convencional: reduccionista, analítica y mecanicista. Sin embargo, las actividades de sistemas se basan en una nueva ciencia sistémica: **expansionista, sintética y teleológica**.

Con esto no sorprende que se haya considerado que el estudio de los sistemas es limitado para afrontar problemas en determinado tipo de contextos y para tratar de coadyuvar en la resolución de problemas sociales. Por ello, para superar estas limitaciones de la aplicabilidad del estudio de los sistemas, se ha identificado que los objetos de estudio pueden verse: a) como **sistemas duros**, donde se resuelven los problemas con el uso de modelos matemáticos, técnicas y herramientas de optimización, estadística y computación, y b) como **sistemas suaves**, donde los esfuerzos metodológicos se concentran en el estudio de los fenómenos sociales producidos en las organizaciones.

**El cruce de los caminos duros y suaves: los sistemas sociotécnicos*

La extensa aplicación de la *investigación-acción* que fue desarrollándose en sistemas suaves, sistematizó conceptos que marcaron el principio de la encrucijada, la convergencia de los dos caminos históricos casi paralelos, que se han descrito antes. Este cruce se inicia al reconocer que resulta difícil clasificar un sistema en duro o suave. Ante tal dificultad, se insiste en la interrelación entre los aspectos sociales y tecnológicos; se impulsa el percibir, el identificar y el estructurar los sistemas como sistemas **sociotécnicos**, buscando el balance apropiado tanto de los aspectos sociales, como de los tecnológicos.

Las experiencias obtenidas en el Instituto Tavistock por diversos **científicos** permitieron conformar los nuevos principios para afrontar los sistemas sociotécnicos, reconociendo que no es posible continuar dando sólo importancia a: a) el componente tecnológico y obteniendo soluciones óptimas únicamente para éste (manipulando todos los componentes de los sistemas como objetos no-humanos, basándose en la mayoría de los casos en reglas de racionalidad meramente económicas, que no consideran además la dinámica de los contextos que hacen rápidamente obsoletas las soluciones óptimas; se falla así, en reconocer en el factor humano toda su dimensión), y b) el componente social basándose sólo en teorías no comprobadas experimentalmente, manipulando sus aspectos psicosociales para que se acople a la tecnología.

Estas críticas al pensamiento sistémico, surgidas a fines de la década de 1970 y comienzo de 1980, ocasionan que se exploren metodologías de sistemas que diseñen sistemas para resolver sistemas de problemas, y otras propuestas para planear, diseñar y evaluar con una metametodología, metodología de meta sistemas para encontrar, definir y resolver problemas complejos, y la modelación y metamodelación en el diseño de sistemas, haciendo claro su énfasis en los modelos matemáticos, técnicas y herramientas de sistemas, pero expandiendo sus conceptos a metasistemas y metamodelos; aportaciones metodológicas que se deben explorar e impulsar para promover continuar el desarrollo de los conceptos de sistemas y enfrentar de mejor manera los problemas presentes y futuros de nuestras sociedades y del planeta Tierra.

Por su parte, Trist y Emery remarcaron la necesidad de buscar la *optimización conjunta* de lo social y lo técnico, desarrollar y usar conceptos, métodos, técnicas y herramientas que conjuguen los aspectos cualitativos y cuantitativos, lo objetivo y lo subjetivo, que consideren los componentes humanos del sistema y del contexto como sistemas plenos del propósito interactuando con la tecnología; también promueven su concepto de **ecología social**, con el que exploran las relaciones de los sistemas con sus **suprasistemas**, es decir, los ambientes de los sistemas que lo afectan directa o indirectamente.

El **concepto de control** que se ha utilizado en los sistemas, ha sido el basado en la retroalimentación negativa con la que se atenúan o corrigen desviaciones observadas respecto de los

resultados esperados, sin considerar la retroalimentación positiva con la que se estimula una desviación observada, y que puede representar oportunidades que se pueden aprovechar. El enfoque sociotécnico busca el balance adecuado de la retroalimentación negativa y positiva en los sistemas, tomándolos como **sistemas abiertos** que interactúan estrechamente con sus contextos y donde no se limita a corregir los errores y no repetirlos de nuevo a prueba y error, sino que se promueve el aprendizaje derivado de la acción y el **aprender a aprender**.

Sintetizando, a este camino de evolución contribuyen los esfuerzos de promover el **cambio y desarrollo organizacional**, sobre todo el impulso que los sistemas sociotécnicos buscan en el reencuentro con la interacción balanceada y armónica entre los avances de los aspectos tecnológicos, técnicos y sociales, abriendo amplias perspectivas metodológicas para la resolución eficaz y eficiente de los problemas, basándose en la investigación-acción y no en un método en sí; ya que es más importante la actitud de indagación, reflexión, y desarrollar capacidades de aprendizaje y adaptación en el propio sistema, coadyuvando así a la adopción de un nuevo paradigma de sistemas que permita hacer frente a la dinámica del entorno, el caos y la rapidez y complejidad de los cambios en el presente y el futuro, con una nueva conciencia holística y **más humana**.

1. 4. Presente y futuro de la ingeniería industrial y de sistemas

Toda organización, independiente del tipo que sea, pública o privada, lucrativa o no lucrativa, debe trabajar con productividad y calidad a todo lo largo y ancho de su proceso productivo. Elaborar un producto o brindar un servicio implica recursos como: materias primas, personal, maquinaria, equipos, métodos de trabajo, procedimientos, recursos económicos, tecnología, energía, espacios de trabajo o edificios. Por lo que se requiere necesariamente llevar a cabo un trabajo de planeación del sistema productivo de que se trate, y todo inicia en el momento que se reconoce la necesidad de contar con un producto o un servicio, por ejemplo: ofrecer atención médica a un sector de la población, ofertar nuevas carreras universitarias, la apertura de un nuevo centro comercial, diseño y operación de instalaciones deportivas, conservación eficiente de alimentos, construcción de viviendas, producción, distribución y comercialización de vehículos, etcétera.

Así que la disciplina tradicional de la ingeniería industrial sigue siendo requerida, considerando además los avances tecnológicos que invariablemente tienen un impacto en todos los sectores; hecho que puede ser visualizado en las ofertas de puestos que actualmente se tienen, las cuales solicitan ingenieros industriales capaces de utilizar la tecnología de la ciencia de datos para sustentar la toma de decisiones basadas en la inmensa cantidad de datos que actualmente se resguardan y utilizando la inteligencia artificial y modelos de **machine learning** para el tratamiento del **big data**, por ejemplo (Cabanillas Beltrán, 2020).

El sector productivo está siendo transformado por el acelerado avance tecnológico en disciplinas disruptivas como la nanotecnología, impresión 3D, biotecnología, robótica, tecnologías de la información y otras. Estas transformaciones se ven actualmente en las industrias más importantes de México (automotriz, electrónico, textil, alimentos, farmacéutica, muebles, equipos industriales, etc.), con la aplicación de robótica para la automatización y sistematización de procesos administrativos que ya no son interrupciones, sino tendencias consolidadas e irreversibles que desplazan cada año a trabajadores de cuello azul y blanco. Asimismo, las que sí son interrupciones que se consolidarán en las siguientes décadas, traerán consigo cambios radicales en la fabricación de bienes, procesos de manufactura, líneas de ensamble y cadenas de suministro: diseño de productos más compactos y simplificados o con menos partes y ensamblajes, equipos con **sensores** que registran especificaciones y detectan defectos por sí solos, **algoritmos de decisiones** operativas, **equipos autónomos** de registro de inventarios, **cámaras inteligentes** que toman tiempos por sí

mismas, máquinas CNC con tiempos de cambios de serie de unos cuantos segundos, entre otros (Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería [ANFEI], 2016).

Los ingenieros industriales que se forjan hoy no cuentan con la formación técnica para entender, diseñar procesos o aplicar tales tecnologías, por lo que es necesario que tengan una **educación técnica/científica más robusta** y especializada, o dominar más disciplinas tecnológicas. Asimismo, en el futuro difícilmente harán lo que hicieron en los últimos años, aunque en el contexto de la micro, pequeña o mediana industria, la ingeniería industrial clásica difícilmente desaparecerá.

Por otro lado, siguiendo los preceptos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), los ingenieros industriales deberán participar en el **desarrollo e innovación tecnológica** de sectores empresariales con capital mexicano, fortaleciendo los procesos de generación de nueva riqueza y atracción de divisas dentro del país, pero deberán desarrollar habilidades, conocimientos y actitudes que promuevan el desarrollo tecnológico y la innovación.

Adicionalmente, se observa que hoy en día el conocimiento está abierto a cualquier persona, a nivel mundial, con un dispositivo y la conectividad; y este aumento masivo de la disponibilidad de “conocimiento” en línea y la expansión masiva del acceso a la enseñanza universitaria en los mercados debe generar un cambio fundamental en el papel de las universidades como creadores y guardianes del conocimiento (Barrios Ipenza, 2013). En la formación de ingenieros industriales se debe implicar el desarrollo de **habilidades de autoaprendizaje**, no sólo del conocimiento, sino de la aplicación de éste para el logro de objetivos. Es evidente que los jóvenes están acostumbrados a encontrar información de manera inmediata en la red, no dependen de sus maestros para poder obtener nuevos conocimientos, sin embargo, deben saber **cómo discernir la información que buscan y encuentran en Internet**, ya que no todo lo que está *online* es necesariamente cierto o confiable.

Por su parte, dado que las tecnologías digitales en el contexto actual están transformando radicalmente la forma de crear valor en la educación superior y las industrias relacionadas, la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) señala que la nueva educación debe ser fuente de adquisición de competencias que permitan no sólo adquirir conocimientos, sino también modificarlos, adaptarlos, actualizarlos y ponerlos al servicio de la sociedad. Para la formación de los ingenieros industriales de hoy y del futuro debería analizarse el papel de la **investigación y participación comunitaria**, considerando que los jóvenes que se formarán han nacido en la era del Internet.

De acuerdo con Aguirre (citado por Quintero y Migone, 2020), existen tres cualidades de estos jóvenes, que se deben resaltar para fortalecerlas aún más a través de los proyectos educativos, y son la fácil **adaptabilidad a contextos laborales**, lo pragmáticos que pueden llegar a ser y lo integradores que son entre las distintas generaciones que confluyen actualmente en los trabajos: *baby boomers*, generación X, *millennials* y generación Z. Por lo anterior, el desafío para la educación superior es vincular a los jóvenes con la impronta digital a ambientes reales, cuyas problemáticas pueden ser abordadas desde nuevas metodologías de enseñanza con la ayuda de tecnología.

Por su parte, la globalización no solamente obliga a **comunicarse** con gente de todo el mundo en un idioma diferente al nativo, como el inglés o chino, sino a entender y **adaptarse a otros ambientes culturales**, y con una diversidad que se aprecia en términos multidisciplinares, de inclusión de género, orientación sexual y capacidades diferenciadas (ANFEI, 2016). Esta misma diversidad es la que advierte la UNESCO (2017), cuyo trabajo es guiado por los principios de **inclusión y equidad de género**, promoviendo a la vez la creatividad y el **pensamiento crítico**, viendo a la educación como un derecho y el concepto del **aprendizaje a lo largo de la vida** como principio clave. Así pues, los ingenieros industriales de hoy o los que se formarán en el futuro, deberán contar con las habilidades socioculturales suficientes para desenvolverse exitosamente en tales ambientes y para desarrollar habilidades de **diversidad y multidisciplinaria**. Incluso,

bajo este contexto se deberá plantear la pregunta: ¿Qué debe tener más peso, los conocimientos tecnológicos o las habilidades socioculturales? (Cabanillas Beltrán, 2020).

De acuerdo con Barrios Ipenza (2013), la escala y **profundidad de aprendizaje de la industria** es cada vez más importante como fuente de ventaja competitiva, certificando conocimientos y habilidades específicos para cada sector. Por ejemplo, entre las organizaciones que se autoergen como certificadoras de saberes propios de la carrera de Ingeniería Industrial se encuentran: APICS (actualmente conocida como Association for Supply Chain Management), AIAG (Automotive Industry Action Group), organizaciones que certifican las competencias en el tema de Lean Six Sigma y los estándares de ISO, incluso la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) y otras como el PMI (Project Management Institute), etc. El documento de certificación es bien valorado por las empresas, y en muchos casos tiene mayor valor curricular que una maestría, por ello, el grupo de ANFEI (2016) lo considera importante para incluir en los escenarios futuros de la ingeniería industrial.

Por otro lado, la próxima década será moldeada por el compromiso común con la **sostenibilidad mundial**, siendo el cambio climático el primero en la lista de desafíos globales más importantes, además de la contaminación y la pérdida de recursos naturales (EY, 2020), que son tratados en el Acuerdo de París. México se considera con un riesgo medio de vulnerabilidad al cambio climático, pero con baja disposición para responder ante éste, lo cual intensifica el impacto del clima. Además, este miedo se intensifica en el top 20 de los países costeros, donde actualmente 121 millones de personas residen en áreas que estarán por debajo de la marea alta para el 2050, mientras que 252 millones se verán afectados por inundaciones costeras para esa fecha. Adicionalmente, las reformas laboral, la educativa, la financiera, la fiscal, la de comunicaciones y la energética modificaron sustancialmente las reglas de interacción entre los mexicanos(as). Aunque sus resultados aún están por observarse, es innegable que en el mediano plazo redefinirán la vida cotidiana del país y sus regiones. Particularmente, la reforma energética contempla el desarrollo de fuentes de energía alternativas. Así pues, los nuevos ingenieros industriales deberían potenciar sus habilidades para poder hacer frente a estos retos e impulsar cada vez más la **descarbonización** (eliminación de carbono) necesaria en los negocios y la sociedad.

Por último, se vislumbran algunas oportunidades en los sectores donde tiene incidencia el ingeniero industrial, y que son prioritarios en México para el estado de Sonora (Gobierno del Estado de Sonora, 2021): logística, energías renovables, industria automotriz, ganadería y agricultura (para mejorar el proceso de producción de alimentos) y la minería. Adicionalmente, de acuerdo con los empleadores de los futuros profesionistas de Ingeniería Industrial, y una visión de largo plazo (2030), se vislumbra que los seis primeros sectores con mayor valor, en orden de prioridad, son: tecnologías de información, energía, logística y cadena de suministro, administración, educación e investigación, y ventas y *marketing*.

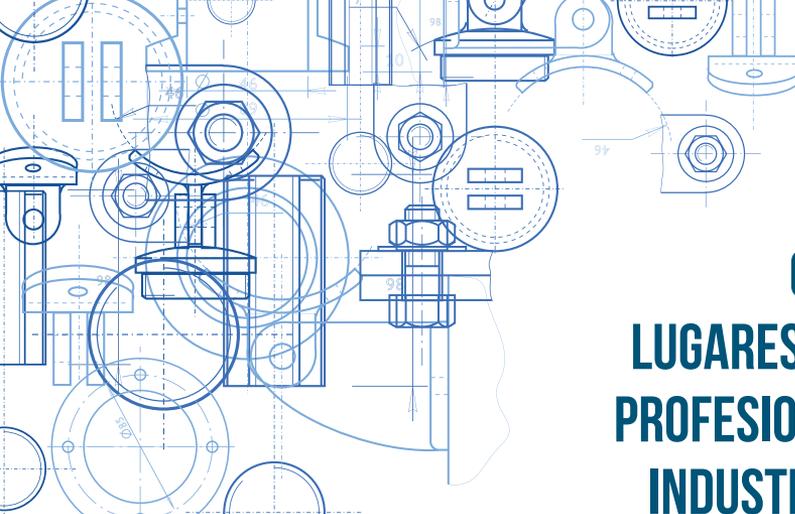
ACTIVIDAD:

Después de leer con atención este apartado y analizar pasado, presente y futuro de la ingeniería industrial y de sistemas, explique en un video corto lo que considera más importante o interesante. Puede incluir:

Los precursores más relevantes, su aportación a la disciplina y los sucesos históricos que acontecían en el mundo mientras se realizaba cada aporte.

El impacto de la aplicación de la Teoría General de Sistemas en la ingeniería industrial.

Los nuevos retos que se le presentan en la actualidad a toda persona que estudie Ingeniería Industrial y de Sistemas.



CAPÍTULO 2. LUGARES DE DESEMPEÑO DEL PROFESIONISTA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya terminado de estudiar este capítulo, usted estará en condiciones de:

- Explicar lo que implica estudiar una organización bajo un enfoque de sistemas.
- Identificar los diferentes tipos de organizaciones y maquiladoras en donde puede desempeñarse un ingeniero industrial y de sistemas.
- Analizar las competencias y funciones del profesionista que estudia Ingeniería Industrial.
- Distinguir entre los distintos problemas que se le pueden presentar a un ingeniero industrial y de sistemas, en el ejercicio de su profesión.

Introducción

El capítulo se inicia explicando qué significa ver el mundo desde un enfoque de sistemas, presentando la tipología de sistemas que se observan en el universo, y explicando cuáles de éstos son estudiados por un ingeniero industrial. Asimismo, se conceptualiza a una organización con este mismo pensamiento, utilizando modelos conceptuales que representan todos los elementos que deben identificarse.

Asimismo, se detalla la tipología de organizaciones donde puede desarrollarse un ingeniero industrial, y cómo éstas se clasifican, incluyendo a las maquiladoras de siguiente generación.

Por otro lado, se presenta el perfil de un profesionista que estudia esta carrera, describiendo las competencias y funciones que cumple en el mercado laboral, así como las principales áreas de desempeño en donde puede ejercer su profesión.

Por último, se explican los diferentes problemas que puede ayudar a resolver en las organizaciones donde se desempeñe, y su distinto nivel de complejidad, desde aquellos que refieren a estructuras estáticas, hasta situaciones de difícil solución donde intervienen varios actores e involucran múltiples factores internos y externos.

2.1. Estudio de las organizaciones con enfoque de sistemas

Para conceptualizar una organización como un sistema, primero es necesario entender el concepto de organización en términos generales. Una **organización** es una agrupación de recursos humanos, materiales y financieros, que existe debido a algún propósito, ya sea industrial, social, artístico, deportivo, científico, político, de salud, etc., que persigue un objetivo claramente definido.

En otras palabras, el concepto de organización se refiere al establecimiento y agrupación de actividades y recursos que interactúan entre sí para el cumplimiento de los objetivos contemplados

en su estructura. Estas formaciones sociales específicas en el tiempo y el espacio, desarrolladas por la sociedad como formas de articulación para resolver problemas concretos y que obran bajo propósitos específicos (Ocampo, 2008), obteniendo una unidad compleja dotada de cualidades y relaciones dinámicas, la cual se alcanza mediante procesos coordinados en una estructura que propicia actuar en un entorno (Flores, 1996; Morin, 1992).

Así pues, en el mundo se pueden encontrar diversos tipos de organizaciones: fábricas de productos como automóviles; centros de entretenimiento, como cines o auditorios; organizaciones culturales, como museos; agrupaciones deportivas, como los equipos de fútbol; escuelas y centros de investigación, hospitales, bancos; organizaciones gubernamentales, como los organismos operadores de agua y alcantarillado, los hospitales; u otras organizaciones no gubernamentales, por ejemplo, las asociaciones que apoyan una causa social, como la lucha contra el cáncer.

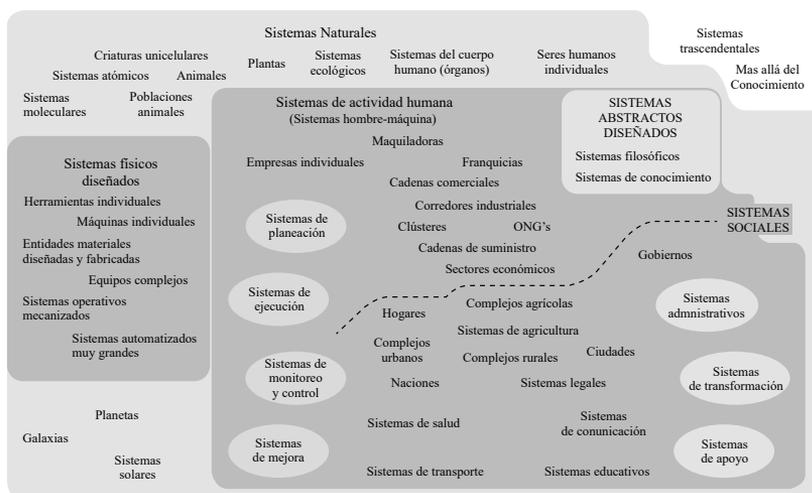
En todos estos casos, la definición anterior de organización es aplicable, porque todas son agrupaciones de recursos humanos, materiales y financieros, donde los ingenieros industriales pueden desempeñar su labor, con la misión de hacer uso eficiente de estos recursos para explotar su experiencia, y a través de ello, sobrevivir, desarrollarse y crecer.

Estudiar organizaciones puede realizarse desde diferentes enfoques, sin embargo, el ingeniero industrial y de sistemas está obligado a desarrollar un pensamiento de sistemas que le permita estudiar su desempeño y buscar los mecanismos más adecuados para incrementar su eficiencia, productividad y competitividad. Para esto, primeramente debe entender que toda entidad que estudie puede conceptualizarse como un sistema, y que existen diferentes tipos.

En términos generales, un **sistema** es un conjunto de elementos que interactúan entre sí para alcanzar, en conjunto, los objetivos preestablecidos; este conjunto de elementos debe verse como un todo que no puede dividirse en partes independientes, ya que cuando se separa de sus partes pierde sus propiedades esenciales (Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez, 2017).

Así pues, en el mundo se pueden encontrar diversos tipos de sistemas, como los representados en la Figura 2, donde se observa que en la base de todos los sistemas se encuentran aquellos que se denominan **sistemas naturales**, los cuales jerarquizan al universo, desde los átomos hasta las galaxias, incluyendo al ser humano, mismos que son estudiados por profesionales de las ciencias físicas, químicas y biológicas, como los astrónomos, los biólogos o los médicos.

Figura 2. *El universo visto con un enfoque de sistemas: una clasificación de sistemas*



Fuente: Adaptado de Checkland por Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez (2017).

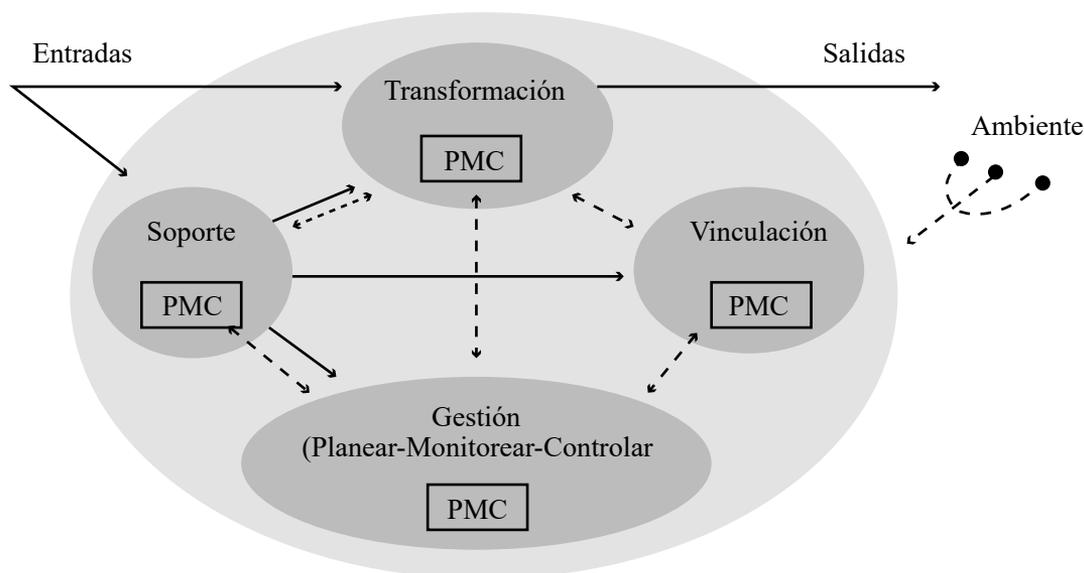
Por otro lado, en el mundo también se pueden encontrar **sistemas diseñados** por el hombre, y que se pueden clasificar en dos tipos: a) **físicos**, como las herramientas, maquinaria y equipo que puede utilizar para realizar todo tipo de actividad, y que son estudiados por ingenieros mecánicos, electrónicos, etc., y b) **abstractos**, que son aquellos que ha construido para facilitar la comunicación con sus pares, como las matemáticas, los idiomas, la filosofía, etc., que son estudiados por diverso tipo de profesiones como los matemáticos, profesores de idiomas, o los licenciados en filosofía.

Por su parte, los ingenieros industriales deben conocer los tipos de sistemas mencionados previamente, dado que ellos son los que se encargan naturalmente de estudiar a los **sistemas de actividad humana**, los cuales describen al ser humano realizando una actividad con propósito, así como los **sistemas sociales**, que se componen de varios sistemas de actividad humana, ya que en ambos se encuentra el ser humano comprometido a desempeñar una actividad con propósito; un ejemplo de un sistema de actividad humana es una empresa/organización, mientras que como sistemas sociales, se puede hacer mención de complejos agrícolas, de transporte público, educativos, entre otros.

Por último, en el mundo también se encuentran **sistemas trascendentales**, que son aquellos que van más allá del conocimiento, como los relacionados con la fe y los dogmas, y no tanto con la ciencia, como los sistemas descritos con anterioridad.

De acuerdo con esta clasificación de sistemas en el universo propuesta por Checkland (1997), un sistema de actividad humana es menos tangible que los sistemas naturales y diseñados, sin embargo, se pueden observar claramente en el mundo innumerables grupos de actividades humanas ordenadas más o menos conscientemente, como resultado de algún propósito o misión fundamental, como es el caso de las empresas, que concebida bajo este enfoque de sistemas puede representarse en un modelo como el presentado en la Figura 3 (Wilson, 1993).

Figura 3. *Modelo de una empresa*



Fuente: Adaptado de Anderton y Checkland, por Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez (2017).

Este modelo representa a una empresa, que es el **sistema** estudiado, que se enmarca dentro de un **suprasistema**,¹⁸ y se compone por cuatro **subsistemas**¹⁹: a) el proceso de transformación de **entradas**²⁰ en **salidas**;²¹ b) el soporte representa las funciones de servicios requeridas para apoyar el proceso de transformación y otras actividades en la empresa, por ejemplo, el desarrollo tecnológico y la administración de recursos humanos; c) el eslabón de vinculación a través del cual se analizan los factores que trascienden la **frontera**²² del sistema al encontrarse en el **ambiente**,²³ los cuales le afectan o podrían impactar, tales como los cambios en los hábitos del consumidor o en la operación del sector industrial, de tal manera que se cuente con información que permita adaptarse a ellos; y d) la gestión organizacional, donde se incluyen las actividades realizadas por el **tomador de decisiones**²⁴ a nivel global, quien guía la operación para el logro del **objetivo**²⁵ planteado para el sistema. Asimismo, en este modelo se pueden apreciar las **relaciones**²⁶ entre los cuatro subsistemas, así como una actividad **cibernética** en el interior de cada subsistema llamada PMC (planeación, monitoreo y control), la cual incluye la definición y seguimiento de las **medidas de desempeño**²⁷ que permiten asegurar de alguna manera que todas las personas en la organización estén colaborando al logro de los objetivos globales de la empresa como un todo, y no solamente al logro de los objetivos funcionales de su grupo correspondiente.

Este modelo ve a la empresa como un **sistema abierto** que mantiene una interacción dinámica con el ambiente, tal como lo promueve la Teoría General de Sistemas (TGS), y no como un **sistema cerrado** que otras teorías tradicionales promueven al concentrarse únicamente en su funcionamiento interno, sin considerar su relación con el ambiente.

A partir de esto, se puede establecer otra posible definición formal del concepto de organización bajo una perspectiva de sistemas, la cual forzosamente debe considerar la concepción actual de organización empresarial que se redefine a partir de los cambios que caracterizan el siglo XXI, es decir, las organizaciones basadas en conocimiento, en tecnología de la información y en mercados globales, para operar en un clúster del conocimiento. Una organización entonces se define como un sistema orgánico inmerso en un medio hostil con el que se intercambia energía, materia, información y dinero, es decir, que la organización es un **sistema sociotécnico abierto**, el cual posee relaciones de entradas (insumos), salidas (productos o servicios) y retroalimentación o ciclos de retorno para modificar el propio sistema, en estructura, operación, función o propósito, permitiendo su permanencia en el tiempo, además de procesos internos de readaptación, construcción y autorreparación, que le permiten interrelacionarse adecuadamente con un entorno (Velásquez Contreras, 2007).

Sin embargo, aunque la TGS es aplicable a las actividades de cualquier organización para promover que sus objetivos globales se logren, es importante mencionar que la mayor parte de la ingeniería de sistemas se ha desarrollado y aplicado en organizaciones industriales, ya que es en

¹⁸ Sistema mayor que engloba las características y funciones del sistema.

¹⁹ Es cada una de las partes que encierra un sistema, es decir, un conjunto de partes e interrelaciones que se encuentran estructural y funcionalmente dentro de un sistema mayor, y que posee sus propias características.

²⁰ Son los insumos (materia prima, capital, recursos humanos, tecnología e información) que se importan del ambiente, por ser requeridos para dar inicio al ciclo de actividades del sistema.

²¹ Es el producto del sistema que se entrega al ambiente (bienes, servicios, dividendos, salarios, valor agregado, etcétera).

²² Es aquella línea que separa al sistema de su entorno y que define lo que le pertenece y lo que queda fuera de él.

²³ Incluye sucesos y condiciones externas al sistema que influyen en su comportamiento.

²⁴ Es la persona que tiene dominio y autoridad en el sistema.

²⁵ Es la finalidad para la cual fue creado el sistema.

²⁶ Son las conexiones que tienen los sistemas entre sus elementos internos y hacia el exterior, por medio de las cuales fluyen materiales (representados con una línea continua) o información (representada con una línea punteada), y se obtienen efectos recíprocos o unidireccionales.

²⁷ Una medida de desempeño es la forma de medir y cuantificar el logro de los objetivos del sistema.

la industria donde los conceptos de sistemas se encuentran manifestados en formas más obvias. Pero ¿qué es una organización industrial y cuál es su propósito fundamental? Las respuestas comunes dirían que es un conjunto de recursos trabajando en coordinación para producir dinero. Sin embargo, esta no es una respuesta muy útil y hasta cierto punto no es completamente cierta, ya que si bien los recursos financieros de la organización proporcionan una escala que permite hacer comparaciones y evaluaciones, no es conveniente considerarlos como el fin de una organización. Es más adecuado considerar el dinero como una medida de desempeño muy importante, ya que la organización debe contar con ganancias financieras para poder sobrevivir, pero no expresa qué tan bien se están logrando sus objetivos.

Por lo anteriormente mencionado, a continuación, se presentan algunas formas de clasificar a las empresas, considerando sus características más importantes.

2. 2. Tipología de organizaciones empresariales

El desarrollo de una nación descansa en su fuerza económica, producto del sector industrial, y aunque la administración se aplica en cualquier grupo social, el campo de acción más importante es la empresa, que es el sector donde la mayoría de los avances tecnológicos se han presentado en las últimas décadas. Es importante mencionar que todas las empresas nacen para atender las necesidades que surgen de la sociedad moderna, que una vez que se identifican y se generan las propuestas de valor para cubrirlas de la mejor manera, se desarrollan y ofertan los satisfactores a cambio de una retribución que compensará el riesgo, los esfuerzos y las inversiones de los empresarios.

Si se realiza una comparación de la forma en que operaban las empresas en el pasado con las empresas actuales, es notorio detectar que las exigencias administrativas, de factor humano, de producción, de técnicas de producción y de la administración financiera han evolucionado a la par que el mundo globalizado, que cada día se vuelve más competente. Las organizaciones deben buscar estrategias para actualizarse o perfeccionar su tecnología (en un sentido amplio), ya que es eminente que si no lo hace, a corto plazo se extinguirán, o las grandes empresas buscarán cómo neutralizar su competencia. Ahora, las empresas no sólo deben preocuparse por la competencia local, sino estar atentos a las amenazas que llegan del exterior en formatos inesperados.

Aunque ya se definió anteriormente qué es una organización, específicamente se puede definir que una **empresa** es un grupo social que, a través del capital, trabajo y administración, produce o distribuye **bienes** y **servicios**, generalmente con fines **lucrativos**, para la satisfacción de las **necesidades** de la comunidad. Es decir, una empresa como una organización de personas (aunque puede contar con una sola persona) y recursos que, con el desarrollo de una actividad en particular, buscan alcanzar una serie de objetivos marcados en su formación y con ello conseguir un beneficio económico. En la Figura 4 se ilustran algunos ejemplos de actividades que pueden desarrollarse en empresas de distinta tipología para el suministro de bienes y servicios al consumidor.

Figura 4. Ejemplos de actividades productivas desarrolladas a través de empresas



Fuente: Elaboración propia con imágenes tomadas de la red.

Los avances tecnológicos y económicos, así como los cambios sociales, han originado la existencia de una gran diversidad de empresas, por lo tanto, en todos los países se han creado diferentes formas para clasificarlas. ¿Cómo se clasifican las empresas en México? Algunas formas de clasificar los diferentes tipos de empresas se presentan a continuación.

I. De acuerdo con el **sector productivo** al que pertenecen, se pueden clasificar en:

- **Industria.** Son aquellas empresas cuya actividad primordial es la producción de bienes mediante la transformación o extracción de **materias primas**, y que a su vez se subclasifican en:
 - * **Empresas extractivas.** Se dedican a la explotación de recursos naturales, renovables o no, entendiéndose por recursos naturales todas las cosas de la naturaleza que son indispensables para la subsistencia del hombre. Ejemplos: minas, campos agrícolas, pozos petroleros, etc. A este sector económico se le conoce como **sector primario**.
 - * **Empresas manufactureras.** Su actividad principal es transformar las materias primas en **productos terminados** que pueden producir bienes de consumo final o solamente **bienes de producción** que luego se transforman en un producto final. A este sector económico se le conoce como **sector secundario**.
- **Comercio.** Son **intermediarias** entre las empresas industriales (productoras) y el consumidor, cuya función primordial es la compraventa de productos terminados. Éstas forman parte del **sector terciario**²⁸ y a su vez se subdividen en:
 - * **Empresas mayoristas.** Éstas efectúan ventas en gran escala a otras empresas llamadas minoristas, quienes a su vez distribuyen el producto directamente al consumidor.

²⁸ Sector económico que incluye a todas las empresas que se encargan de hacer llegar bienes elaborados por la industria, o a prestar servicios directamente, o a través de intermediarios, al consumidor.

- * **Empresas minoristas o detallistas.** Son las que venden productos al menudeo, o en pequeñas cantidades al consumidor.
- * **Empresas comisionistas.** Son aquellas que se dedican a vender mercancía que los productores dan a consignación, percibiendo por esta función una ganancia o comisión.
- **Servicio.** Son aquellas que brindan un servicio a la comunidad y pueden tener o no fines lucrativos, y que también conforman el **sector terciario**.

II. De acuerdo con el origen de su capital se clasifican en:

- **Empresas públicas.** En este tipo de empresas, el capital pertenece al Estado y generalmente su finalidad es satisfacer necesidades de carácter social, tales como los hospitales, guarderías, organismos operadores de agua y alcantarilla, recolección de basura, transporte público, ente otras.
- **Empresas privadas.** En este tipo de empresas, el capital es propiedad de inversionistas privados y la finalidad es eminentemente lucrativa.

III. De acuerdo con el tamaño o magnitud de la empresa, al considerar como criterios el número de trabajadores (Tt) y el monto de ventas anuales (Va), así como un puntaje (Pe) con tope máximo combinado obtenido al aplicar la fórmula $Pe = (0.1 * Tt) + (0.9 * Va)$, las empresas se pueden clasificar en:

- **Microempresa:** son empresas de cualquier sector que tienen 10 o menos trabajadores, y que al año tiene ventas de cuatro millones de pesos (mdp) o menos, considerando un tope máximo de 4.6 puntos, es decir, por ejemplo, si una empresa tiene 20 trabajadores y factura 2.5 mdp anuales aún podría catalogarse dentro de esta categoría, puesto que al aplicar la fórmula $Pe = (0.1 * 20) + (0.9 * 2.5)$ se obtendría un puntaje de 4.25, menor al tope máximo.
- * **Pequeña empresa:** empresas comerciales con un número de empleados entre 11 y 30, o industriales o de servicios desde 11 y hasta 50 trabajadores, que anualmente tienen un monto total de ventas entre 4.01 y 100 mdp, considerando además un tope máximo de 93 en el comercio y 95 en la industria y los servicios.
- * **Mediana empresa:** aquellas que si pertenecen al sector comercio, tienen de 31-100 empleados, o si son servicios, sus trabajadores oscilan entre 51 y 100, su monto de ventas está entre \$100.01 y \$250 mdp, con un tope combinado de 250; o en su defecto, son industriales con 51-250 trabajadores con el mismo monto de ventas anuales, pero con un tope de 250.
- * **Gran empresa:** el resto de las empresas que superan el tope máximo de 250.

Esta clasificación se ha establecido formalmente en México en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) (2009), en un acuerdo cuyo objeto es establecer la estratificación bajo la cual se catalogarán las empresas para efectos del artículo 3, fracción III, de la Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa. Sin embargo, estos criterios no son los únicos para determinar el tamaño de la empresa, pero si son los más usuales que se utilizan en campo empresarial, se pueden utilizar otros parámetros para su clasificación, como por ejemplo, el criterio económico, el criterio de constitución legal, entre otros.

IV. De acuerdo con su actividad económica, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México las empresas se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- **Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza.** Incluye a las empresas que se dedican a la agricultura de diversos cultivos; la cría y explotación de animales para la producción de carne, leche, huevo, mariscos, miel, pelaje, entre otros; el aprovechamiento forestal, la pesca, caza y captura de camarón, peces y otras especies; y los servicios relacionados con estas actividades, como la fumigación agrícola, despepite de algodón, y el beneficio de productos agrícolas.
- **Minería.** Se refiere a las empresas encargadas de la extracción de petróleo y gas natural, la minería de carbón mineral, minería de minerales metálicos y no metálicos, además de los servicios relacionados, como la perforación de pozos petroleros y de gas.
- **Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, y suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final.** Contiene a las empresas encargadas de la generación de electricidad, su transmisión, distribución por ductos y comercialización al consumidor final; y de la captación, tratamiento y suministro de agua.
- **Construcción.** Abarca empresas de edificación residencial, la construcción de obras de ingeniería civil, y los trabajos especializados para la construcción.
- **Industrias manufactureras.** Incluye gran variedad de empresas con diferente tipo de actividad, tales como la industria alimentaria; la industria de las bebidas y del tabaco; la fabricación de insumos textiles y acabado de textiles; la fabricación de productos textiles diferentes a prendas de vestir; la fabricación de prendas de vestir; el curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos; la industria de la madera; la industria del papel; la impresión e industrias conexas; la fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón; la industria química; la industria del plástico y del hule; la fabricación de productos a base de minerales no metálicos; las industrias metálicas básicas; la fabricación de productos metálicos; la fabricación de maquinaria y equipo; la fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos; la fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica; la fabricación de equipo de transporte; la fabricación de muebles, colchones y persianas; y otras industrias manufactureras de equipo no electrónico para uso médico, dental y para laboratorio; material desechable de uso médico; artículos oftálmicos; metalistería y joyería (acuñación e impresión de monedas; orfebrería y joyería de metales y piedras preciosos; joyería de metales y piedras no preciosos y de otros materiales; metalistería de metales no preciosos); artículos deportivos; juguetes; artículos y accesorios para escritura, pintura, dibujo y actividades de oficina; anuncios y señalamientos; instrumentos musicales; cierres, botones y agujas; escobas, cepillos y similares; velas y veladoras; ataúdes; entre otros.
- **Comercio al por mayor.** Incluye gran variedad de empresas con diferente tipo de actividad, tales como de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco; productos textiles y calzado; productos farmacéuticos, de perfumería, artículos para el esparcimiento, electrodomésticos menores y aparatos de línea blanca; materias primas para la industria; maquinaria, equipo y mobiliario para actividades agropecuarias, industriales, de servicios y comerciales, y de otra maquinaria y equipo de uso general; y camiones y de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones; así como la intermediación de comercio al por mayor de manera tradicional y a través de Internet y otros medios electrónicos.
- **Comercio al por menor.** Incluye gran variedad de empresas con los mismos tipos de actividades que el comercio al por mayor. Su diferencia es que distribuyen el producto directamente al consumidor, al menudeo (en pequeñas cantidades).

- **Transportes, correos y almacenamiento.** Incluye empresas de transporte aéreo; transporte por ferrocarril; transporte por agua; autotransporte de carga; transporte terrestre de pasajeros; transporte por ductos de petróleo crudo, gas natural, y productos refinados del petróleo; transporte turístico por tierra o por agua; servicios relacionados con el transporte como la administración de aeropuertos, puertos y muelles, centrales camioneras, y servicios de báscula para el transporte), y servicios de intermediación para el transporte de carga, como los servicios de agencias aduanales); servicios postales; servicios de mensajería y paquetería; y servicios de almacenamiento.
- **Información en medios masivos.** incluye la edición de periódicos, revistas, libros, *software* y otros materiales (directorios y de listas de correo), y edición de estas publicaciones integrada con la impresión, o con la reproducción; la industria filmica y del video; la industria del sonido; la radio y televisión; otras telecomunicaciones alámbricas e inalámbrica y por vía satélite); el procesamiento electrónico de información, hospedaje; y otros servicios de información como las agencias de noticias, bibliotecas y difusión de contenido exclusivamente a través de Internet.
- **Servicios financieros y de seguros.** Se incluye la banca central; las instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil; las actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera; las compañías de fianzas; y las sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro y fondos de inversión.
- **Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles:** (viviendas amuebladas o no, salones para fiestas y convenciones, oficinas y locales comerciales, teatros, estadios, auditorios y similares, y edificios industriales dentro de un parque industrial).
- **Servicios profesionales, científicos y técnicos.** Legales; contabilidad y auditoría; arquitectura e ingeniería; diseño de sistemas de cómputo; consultoría administrativa, medio ambiente, científica y técnica; investigación científica y desarrollo; publicidad; y otros como la investigación de mercados, fotografía y videograbación, traducción e interpretación, y servicios veterinarios.
- **Corporativos.** En esta categoría se incluyen los corporativos y las tenedoras de acciones.
- **Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación.** Incluyen los servicios de administración de negocios y de personal, apoyo secretarial, agencias de cobranza, agencias de viajes, protección y custodia, limpieza, empaçado y etiquetado, y organizadores de eventos; además del manejo de desechos y servicios de remediación se incluyen el manejo de residuos peligrosos o no (recolección, tratamiento y disposición final), recuperación y servicios de remediación a zonas dañadas por materiales ellos.
- **Servicios educativos.** Incluyen a las escuelas de educación básica, media, para necesidades especiales, técnica superior, educación superior, comerciales y secretariales, de computación, de capacitación, enseñanza de oficios, arte, deporte, idiomas, profesores particulares, y servicios de apoyo a la educación.
- **Servicios de salud y de asistencia social.** Abarcan a los servicios médicos de consulta externa, hospitales, residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud y otros servicios de asistencia social como trabajo social para la niñez y la juventud, cuidado diurno de ancianos y discapacitados, ayuda para alcohólicos y adictos, servicios comunitarios de alimentación, refugio, capacitación para el trabajo para personas desempleadas o discapacitadas, y guarderías.
- **Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos.** Engloba espectáculos, deportistas, promotores y representantes, artistas, así como mu-

seos, sitios históricos, jardines botánicos y zoológicos y similares, además de servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas como parques y casas de juegos electrónicos, casinos, loterías y otros juegos de azar, campos de golf, marinas turísticas, clubes deportivos y centros de acondicionamiento físico, boliches, billares, y clubes o ligas de aficionados.

- **Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas.** Incluye a los hoteles, moteles y similares; así como los servicios de preparación de alimentos y bebidas.
- **Otros servicios excepto actividades gubernamentales.** Se refiere a los servicios de mantenimiento y reparación de automóviles y camiones, equipo electrónico, maquinaria y equipo, y de artículos para el hogar y personales, así como a los servicios personales como peluquerías, baños públicos, boquerías, lavanderías, funerarias, estacionamientos y revelado e impresión de fotografías, además de las asociaciones y organizaciones comerciales, laborales y sindicales, profesionales y recreativas, incluyendo religiosas, políticas y civiles.
- **Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales.** Incluyen a los órganos legislativos, administración pública en general, regulación y fomento del desarrollo económico, impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público, regulación y fomento de actividades para mejorar y preservar el medio ambiente, actividades administrativas de instituciones de bienestar social, relaciones exteriores, y actividades de seguridad nacional. Además de los organismos internacionales y sedes diplomáticas y otras unidades extraterritoriales.

2. 3. Maquiladoras en México

En México, el concepto de maquiladora aplica a una industria integradora que surge como un programa en 1966 con el fin de frenar la migración a Estados Unidos debido a la falta de empleo en la región norte del país. Una industria maquiladora es una empresa que importa productos sin pagar impuestos, cuyo producto se comercializa en el país de origen de la materia prima. Cabe mencionar que el término se originó en México (Gómez Vega, 2004).



Una **maquiladora** es aquella unidad económica que realiza una parte del proceso de producción final de un artículo, por lo regular de ensamblado, misma que se encuentra dentro del territorio nacional y mediante un **contrato de maquila** se compromete con una empresa matriz, ubicada en el extranjero, a realizar un proceso industrial o de servicio destinado a transformar, elaborar

o reparar mercancías de procedencia extranjera, para lo cual importa temporalmente partes, piezas, refacciones y componentes, mismos que una vez terminados son exportados (Contreras & Munguía, 2007, p. 73), anulando así los gravámenes de importación y exportación, y generando un pago de impuestos sólo por el valor agregado.

Algunas de las características que tiene la industria maquiladora en México, de acuerdo con Lara (2022), son las siguientes:

- La actividad maquiladora se concentra en las unidades productivas **grandes** (de más de 250 empleados).
- El total de ingresos por maquilar está concentrado en los **sectores** de fabricación de equipo de transporte, electrónicos, y equipo médico.
- A un nivel más desagregado, sobresale el papel desproporcionado de la fabricación de equipo de transporte en las exportaciones, valor agregado e ingresos por maquilar (de estos últimos, todos se desprenden de la fabricación de autopartes).
- En general, los sectores con mayor vocación maquiladora son los más **exportadores**, pero también son aquellos con la mayor dependencia de insumos importados y menores encadenamientos con la economía doméstica.
- La maquila no es un fenómeno exclusivo de la frontera norte, sino que ocupa un lugar importante en varios estados del interior.

Además, se puede mencionar que hay áreas industriales que muestran muy marcado el fortalecimiento de cierto ramo, como el ramo de la electrónica en Jalisco, al grado de llamarle “el **clúster** de la electrónica”, al igual que se le llamó con anterioridad al área de Tijuana “el clúster de las televisiones” (Partida Rocha, 2004).

Respecto al desarrollo de la industria en México, se puede mencionar que las maquiladoras han evolucionado a través del tiempo en diferentes fases, en gran parte debido a la estandarización industrial con la adopción de la familia de normas ISO 9000, que desde 1994 ha sido acogida a nivel mundial como parte sistemática de las empresas, y con la cual se aseguran la satisfacción de sus clientes a través de la gestión estandarizada y documentada de sus procesos y productos (Carrillo & García, 2002).

Esta estandarización, similar a lo ocurrido con el Sistema de Producción Toyota (Womack, Jones, & Roos, 1990), al sistematizar las estrategias de mejora continua en sus sistemas de gestión de operación con enfoque a la calidad y valor al cliente, genera bases para un impulso a la evolución, al tener uniformidad en los procesos, en la calidad y de servicio del producto, incluyendo gestión ambiental y de seguridad laboral, que vienen a reforzar la estabilidad y uniformidad de los procesos de las empresas (Carrillo & García, 2002). Se ha comprobado en empresas de diferentes ramas industriales, que si bien estas certificaciones no direccionan a la evolución de las empresas, implementar un sistema de gestión de calidad, incluyendo aspecto de gestión ambiental y de seguridad por sí mismo, ayuda a madurar los sistemas implementados y lograr un desempeño productivo superior (Heras Saizarbitoria & Arana Landín, 2011).

De acuerdo con lo presentado en la literatura (Partida Rocha, 2004; Gómez Vega, 2004; Carrillo & García, Evolución de las maquiladoras y el rol del gobierno y del mercado en la seguridad en el trabajo, 2002), las plantas maquiladoras han pasado por fases evolutivas que marcan sus fases de desarrollo, generalmente en tres generaciones:

1. **Maquiladoras de primera generación:** son empresas que se centran en actividades de ensamble, cuyos procesos productivos, basados en la utilización de tecnologías

simples, es intensiva de mano de obra no calificada. Son plantas muy dependientes de las decisiones de la casa matriz y de los clientes principales y con escasas relaciones con las empresas locales.

2. **Maquiladoras de segunda generación:** es cuando cambian sus procesos de trabajo adaptando métodos flexibles, control de procesos y de calidad, con métodos de producción semiautomáticos, inclusive robotizados. Estas empresas se basan en la racionalización de la producción y del trabajo, aplican criterios propios de oportunidad de costos, calidad y seguridad para la creación de sus sistemas de calidad total requiriendo mano de obra más calificada que impulsen a ser más eficientes sus procesos. Este tipo de empresas se relacionan más con la industria local, sobre todo con los proveedores, gracias a su mayor autonomía respecto a la casa matriz y confianza de sus clientes.
3. **Maquiladoras de tercera generación:** surgen a principios de los años noventa, incluyendo actividades de diseño e investigación, y poseen flotillas de personal altamente calificado, con un alto porcentaje de ingenieros y técnicos expertos en sus procesos y productos. Buscan la competitividad reduciendo los tiempos de desarrollo de los proyectos en los bajos costos de operación, tendiendo a desaparecer la dependencia tecnológica con la matriz.
4. **Maquiladoras de cuarta generación:** otros autores, como Carrillo y Lara (2004), incluyen esta cuarta generación como los centros de investigación que, en conjunto con los de producción, presentan una nueva modalidad de comportamiento al desarrollar una capacidad de coordinación; esto lo identificaron al estudiar el comportamiento del centro de Delphi en Juárez, así como el grupo Yazaki, con 14 establecimientos de manufactura en el país, que centralizan su operación en Juárez.

Por ejemplo, el caso de Delphi en Ciudad Juárez, planta de ensamble y manufactura automotriz con centros de desarrollo propios, aprovecha el tener centros de desarrollo cercanos a las unidades de manufactura, de esta manera los costos de puesta en marcha, mejoras y soporte técnico a producción bajan, y generan ahorros totales de la operación con una mayor competitividad, aunque el costo (salarios del departamento de desarrollo) sea superior al de manufactura, y que éste sea anexado a las plantas que soportan, de igual manera menciona el caso de Samsung en Tijuana (Carrillo & Hualde, 1996).

En resumen, la primera generación de maquiladoras simplemente bajo el eslogan de “ensamblado en México”, en las de segunda generación a “hecho en México”, en las de tercera generación “creado o diseñado en México”, así, para esta cuarta generación de maquiladoras, las asocian con el eslogan de “coordinación desde México”, propiciado por el fuerte crecimiento en el sector automotriz; donde al crecer, los centros de manufactura e integración de plantas satélites crean necesidades de coordinar la cadena de suministro, e impulsa a que los corporativos introduzcan centros de servicio con el fin de ahorrar los esfuerzos locales centralizando los servicios regionalmente con pequeñas matrices (Almaraz Alvarado & Barajas Escamilla, 2010).

Aunque en México se ha tenido buena experiencia con cierto tipo de industria, como la electrónica y automotriz que generan una zona de alta competitividad para el desarrollo de una industria manufacturera de exportación, en general no se ha obtenido un impulso proporcional en el ámbito de **innovación**, donde las empresas manufactureras importan los herramientas y equipos nuevos que suman a sus procesos en lugar de desarrollarlos en el país, básicamente por no tener un soporte de ingeniería tecnológica y diseño, ni red de proveedores con la capacidad requerida; por lo que es necesario desarrollar el capital intelectual en las áreas de ingeniería y diseño para incrementar la competitividad de la industria en general, impulsando una nueva escala de economía del país.

Es importante resaltar que el escenario que se presenta a un país como México, una vez que se ha pasado por un evento tan complicado como la pandemia por el SARS-CoV-19, que trastocó las cadenas de suministro y cambió las reglas en la economía mundial, y la manera de producir y plantear los modelos de negocio en las diferentes economías en el mundo, parece ser alentador, por la posibilidad de que se instalen un número importante de empresas manufactureras en el norte del país.

La manufactura pesada mexicana es de las más competitivas del mundo y está fuertemente relacionada con la actividad industrial en Estados Unidos, que es su principal socio comercial. Por ello, estas empresas serían los primeros candidatos para percibir inversión por un eventual movimiento de producción desde Asia hacia México. En 2023 ya se advierten ciertos indicadores que muestran un comportamiento positivo en la recepción de inversiones, principalmente en el sector de electrónicos (Forbes , 2023). Por ejemplo, se instalará una planta de Tesla, que será la fábrica de vehículos eléctricos más grande del mundo, cuya inversión será de unos 5 000 millones de dólares para la instalación, y lo que ahí se produzca será para el mercado nacional y para exportación, lo que podría generar hasta 6 000 puestos de trabajo. Esta inversión atraerá otras inversiones, ya que México reafirma su posición de liderazgo en la manufactura y exportación de vehículos hacia el mundo, dada sus ventajas por la cercanía geográfica con Estados Unidos, el segundo mayor mercado automotriz del mundo después de China. Así pues, estas grandes maquiladoras que ensamblan sus vehículos en el lado mexicano, que en su mayoría se venden en el mercado estadounidense, producen autos “Hecho en México” que en pocas horas cruzan la frontera y llegan a su destino final (Barría, 2023).

De acuerdo con lo anteriormente planteado, se puede concluir que el panorama laboral para una persona egresada de una carrera de ingeniería industrial y de sistemas es de valiosas oportunidades de encontrar un espacio para trabajar en el sector manufacturero, un sector que tradicionalmente ha captado este tipo de profesionistas. Lo cierto es que las demandas laborales han evolucionado debido a la creciente incorporación de tecnología que permite automatizar procesos de producción; sin embargo, seguirán requiriendo sus servicios en áreas como la logística interna y externa, la proveeduría, la gestión de su sistema de calidad, la gestión de inventarios, de sus almacenes, del servicio a sus clientes, del mantenimiento, de sus proyectos de desarrollo y de mejora continua, entre otros más, tal como se detalla en el siguiente apartado.

2. 4. Competencias y áreas de desempeño del profesionista en ingeniería industrial y de sistemas

La ingeniería industrial y de sistemas es el área de conocimiento que forma profesionistas competentes en el diseño, mejora y gestión de procesos en la cadena de suministro, orientado a incrementar la eficiencia y competitividad, y toma de decisiones bajo un enfoque de sostenibilidad, con apoyo en la analítica de datos, modelación y tecnologías de información y comunicación, con muestra de liderazgo ético, habilidades de comunicación efectiva, solución de problemas, trabajo en equipo y capacidad de adaptarse a los cambios del entorno.

Este profesionista es competente para realizar lo siguiente:

- Diseñar productos y procesos mediante el uso de herramientas y metodologías propias de la ingeniería, bajo un enfoque de sistemas y sostenibilidad de las operaciones en la cadena de suministro.
- Mejorar los procesos de valor agregado mediante el uso eficiente y responsable de los recursos enfocado a la excelencia operacional de la cadena de suministro.

- Gestionar las operaciones en la cadena de suministro de las organizaciones, haciendo uso eficiente de los recursos, cumpliendo con los requisitos de las partes interesadas, alineado al marco estratégico en un entorno de liderazgo y trabajo en equipo.
- Generar soluciones en los procesos de la cadena de suministro, haciendo uso del enfoque de la investigación de operaciones y el pensamiento sistémico.
- Analizar datos para apoyar la toma de decisiones en los procesos de la cadena de suministro, utilizando métodos estadísticos, tecnología de la información y comunicación con ética y responsabilidad.

El campo de acción de una persona que estudia ingeniería industrial y de sistemas es muy amplio, ya que es capaz de desarrollar diversas actividades en diferentes áreas de organizaciones de distinta naturaleza: logística y transporte, compras y ventas, mantenimiento y conservación, almacenes, gerencia, planeación, innovación y desarrollo, mejora continua, operaciones, calidad, seguridad y salud ocupacional, proyectos, entre otros relacionados. A continuación, se listan algunas de estas actividades por área de desempeño.

Calidad

- Describir el flujo de los procesos organizacionales, aplicando herramientas básicas y principios de la mejora continua.
- Diseñar y documentar procesos (clave, estratégicos o de soporte), considerando los requisitos de un sistema de gestión de la calidad, la seguridad y salud ocupacional, la inocuidad, o ambiental.
- Planear la implementación del sistema de gestión integral (calidad, ambiental y seguridad), con base en la normatividad vigente aplicable ISO 9000, 14000 y 45000)
- Desarrolla proyectos de mejora continua, utilizando metodología Lean Six Sigma y considerando las necesidades o áreas de oportunidad identificadas previamente.
- Define acciones correctivas y acciones de atención a los riesgos y el control de calidad, orientadas a la mejora del desempeño y el cumplimiento de los requerimientos del cliente.

Logística

- Identificar el modelo y la política de inventarios que permiten a la organización satisfacer la demanda del cliente y alcanzar el nivel de servicio pactado con el cliente.
- Determinar el plan de requerimientos de materiales a partir de evaluar la capacidad de los procesos, el plan de prioridades, los recursos que permitan alcanzar el nivel de servicio pactado con el cliente.
- Gestionar el programa de compras, considerando la planeación de requerimiento de materiales, selección de proveedores y almacenamiento de los insumos.
- Gestionar el sistema de distribución que den respuesta a los requisitos pactados por el cliente, así como la estrategia de distribución.
- Desarrollar soluciones tecnológicas para la toma de decisiones, aplicando modelos de optimización de procesos, simulación, investigación de operaciones y dinámica de sistemas.

Manufactura

- Elaborar planos de las instalaciones (*layout*), utilizando tecnología computacional adecuada.
- Evaluar las condiciones operativas existentes en las instalaciones industriales, con base en la normatividad relacionada con instalaciones industriales.
- Determinar las necesidades de los procesos respecto a las máquinas-herramientas necesarias para la elaboración de piezas, de acuerdo con las especificaciones (herramientales: troqueles, fresas, buriles, machuelos, etc.); maquinaria procesos de manufactura: prensas, tornos, fresadoras; productos de fundición (cera perdida, moldes de arena); maquinado de piezas convencionales.
- Realizar prototipos de un producto, considerando lo establecido en normas internacionales y el uso de herramientas y *software* especializado de diseño y dibujo.
- Evaluar las propiedades de materiales, identificando cómo mejorar sus características físicas y de uso, facilitando así el proceso de manufactura.
- Plantear tratamientos térmicos a metales, orientados a la mejora de sus propiedades y su uso en la manufactura.
- Diseñar procesos de medición y calibración de los diferentes instrumentos de medición, para verificar que se cumpla con las especificaciones del cliente.
- Elaborar programas de mantenimiento industrial (predictivo, preventivo, correctivo, TPM) que permitan la mejora del OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

Estudio del trabajo

- Planear y diseñar una instalación para una nueva línea de producción, considerando la normatividad aplicable y el uso de *software* especializado.
- Desarrolla acciones preventivas y correctivas, orientadas a la mejora del desempeño de los procesos sostenibles y el cumplimiento de los requerimientos del cliente, utilizando la metodología de Lean Six Sigma.
- Diseñar estaciones de trabajo que se adapten al operario, con un enfoque ergonómico.
- Desarrollar medidas y estándares de trabajo que mejoren el movimiento, secuencia, sincronización de operaciones y flujo de materiales e información para la estabilización o mejora del desempeño de los procesos.
- Balancear las operaciones del proceso y cargas de trabajo para la optimización de la capacidad y la mejora del desempeño.
- Plantea acciones de prevención de accidentes y enfermedades, considerando la normatividad aplicable en materia de seguridad, higiene y ambiente.

Proyectos de inversión

- Determinar los ahorros o beneficios de la creación o mejora de una unidad de negocio, a partir de una necesidad establecida.
- Determinar los costos relacionados con la creación o mejora de una unidad de negocio, a partir de los requerimientos técnicos previamente establecidos.
- Determinar la rentabilidad de la creación o mejora de una unidad de negocio, aplicando los métodos y criterios de evaluación económica que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo para tomar decisiones de inversión.

- Justificar el desarrollo de un proyecto de inversión para la creación de un negocio con base en las necesidades identificadas por los clientes y analiza el comportamiento del mercado.
- Verificar la posibilidad técnica de que se desarrolle un proyecto de inversión tomando en cuenta sus requerimientos técnicos, administrativos, legales, ambientales y de responsabilidad social.
- Evaluar el monto monetario de los recursos necesarios para la instalación y operación del proyecto, a través de la elaboración de cuadros analíticos, estado de resultados y punto de equilibrio.
- Evaluar la factibilidad económica de un proyecto de inversión a fin de que sirva como apoyo en la toma de decisiones referente a la conveniencia de invertir en él o no, utilizando métodos de evaluación económica que consideran el cambio de valor del dinero a través del tiempo.
- Desarrollar un plan de negocio con base en un modelo de diseño de proyectos, para lo cual se requiere como prerequisites: análisis de mercado, planeación de instalaciones, ingeniería de costos e ingeniería económica.

Sistemas

- Describir los objetos de estudio de su interés y su relación con el resto de los elementos del sistema, utilizando modelos con enfoque sistémico.
- Realizar diagnósticos de procesos para identificar áreas de oportunidad o brechas, con un enfoque de sistemas.
- Plantea proyectos de mejora alineados al marco estratégico de la organización, considerando un enfoque de sistemas.
- Estructurar proyectos de inteligencia de negocios y ciencia de datos para la mejora en la toma de decisiones en la cadena de suministro, considerando las necesidades estratégicas de la organización vista como un sistema.
- Diseñar y aplicar instrumentos para la recolección de datos requeridos para el análisis, considerando las necesidades del proyecto.
- Preparar conjuntos de datos provenientes de fuentes de diversa tipología y morfología para que cumplan los requisitos esperados, mediante el uso de *software* especializado en limpieza de datos.
- Diseñar tableros de control para la medición de indicadores que reflejen el desempeño de la cadena de suministro, aplicando los principios de la inteligencia de negocios en la creación de reportes dinámicos con tecnología de la información y comunicación.
- Elaborar y evaluar modelos que permitan realizar análisis de datos, aplicando algoritmos establecidos con apoyo en tecnología computacional.

Por último, es importante mencionar que todo lo anterior lo podría desarrollar como parte de sus obligaciones a cumplir por el puesto que ocupe dentro de alguna organización donde se le contrate, o como un servicio de **consultoría**.²⁹

²⁹ La consultoría es un servicio especializado de apoyo a los negocios que un profesionalista le puede ofrecer a una empresa u organización, regularmente orientado a solucionar algún tipo de problema específico que se le presenta a dicha entidad y que no consigue solucionarlo por sus propios medios.

2. 5. Taxonomía de problemas que puede resolver un ingeniero industrial y de sistemas

Todo profesionalista que haya estudiado ingeniería industrial debe enfocarse en ofrecer soluciones eficaces y eficientes a los problemas de una organización. Así pues, siguiendo la analogía planteada por Arellano-González *et al.* (2017), el ingeniero industrial puede verse como un médico de organizaciones, cuyo trabajo es la determinación de una enfermedad (problema) en su paciente (la organización) mediante la observación de sus síntomas y la realización de pruebas individuales, y sugerir el mejor tratamiento (una propuesta de solución).

Siguiendo esta misma analogía, así como existen distintos tipos de enfermedades que afectan a diferentes sistemas del cuerpo humano, con diversa gravedad; de la misma forma, en la organización se pueden presentar problemas de diferente complejidad, según las características del sistema donde se generan. En la Tabla 1 se presenta una taxonomía de estos problemas en siete niveles de complejidad.

Tabla 1. *Taxonomía de problemas en la ingeniería industrial y de sistemas*

Nivel de complejidad	Característica	Ejemplos de situaciones problemáticas
1. Estructura/ instalaciones	Estático	<ul style="list-style-type: none"> - El instrumental utilizado para elaborar el producto genera detalles indeseados en él. - Las instalaciones no cumplen con requerimientos técnicos y de ingeniería.
2. Máquinas	Dinámico	<ul style="list-style-type: none"> - El equipo utilizado para la producción de bienes se descompone con frecuencia. - El equipo no funciona como debería según su diseño. - La información obtenida con instrumentos de medición no es confiable para tomar decisiones.
3. Estación de trabajo	Relación persona-máquina	<ul style="list-style-type: none"> - Tareas u operaciones con alto contenido de trabajo, no estandarizadas. - Tiempos improductivos asociados con un método en particular. - Condiciones de trabajo inapropiadas para los trabajadores que generan fatiga, lesiones, etc.
4. Operaciones	Interconectividad de estaciones de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - Desabasto frecuente de materiales utilizados para producción. - Alta variabilidad en las características de los productos. - El producto no cumple con requisitos establecidos por la normatividad. - Productos entregados a cliente fuera de especificaciones (cantidad, calidad, tiempo, costo). - Altos inventarios por producción excesiva y bajas ventas.
5. Relaciones laborales	Relaciones interpersonales	<ul style="list-style-type: none"> - Insubordinación de empleados ante su jefe. - Ausentismo frecuente del personal y alta rotación. - Resistencia a iniciativas de cambio.

Nivel de complejidad	Característica	Ejemplos de situaciones problemáticas
6. Gestión organizacional	Planeación, monitoreo y control	<ul style="list-style-type: none"> - Desconocimiento del retorno de las inversiones realizadas en la empresa u otros indicadores críticos. - Indefinición del rumbo organizacional a largo plazo. - Deficiencias en habilidades gerenciales.
7. Gestión de la cadena de suministro	Relaciones externas	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de ventas por ingreso de nuevos competidores/sustitutos al mercado. - Incumplimiento de proveedores: demoras, calidad de materiales, altos costos, etc. - Bajo nivel de servicio al cliente.

Fuente: Elaboración propia.

En el nivel más bajo, se encuentran los problemas presentes en las estructuras o instalaciones de una organización, cuya característica principal es que son estáticos, es decir, no varían en función a la operación, aunque si suelen incrementarse con el paso del tiempo si no son atendidos. Un ingeniero se encontrará con estos problemas, por ejemplo, si en el proceso de producción las cuchillas utilizadas para realizar los cortes requeridos en el producto generan detalles indeseados en él, como bordes no lisos o desnivelados. Asimismo, puede presentarse con problemas de este nivel si las instalaciones donde se elabora el producto no cumplen con requerimientos técnicos y de ingeniería que se requieren o son exigidos por la misma organización, sus clientes o por la normatividad aplicable.

El segundo nivel de complejidad de problemas se encontrará asociado con las máquinas que, a diferencia del anterior, son sistemas dinámicos que varían su comportamiento en función a las condiciones de uso. Por ejemplo, el ingeniero se enfrentará a esos problemas cuando la maquinaria utilizada en producción se descompone frecuentemente, a pesar de las medidas correctivas aplicadas previamente, o cuando no funciona como debería según su diseño.

El tercer nivel corresponde a la célula básica de un sistema de actividad humana, pues es aquí donde se involucra a la persona en el desarrollo de una actividad en cierto ambiente. A esta cédula *persona-máquina-ambiente* se le llama **estación de trabajo**, la cual se conforma gracias a la división funcional del trabajo que ocurre en toda organización cuando los objetivos globales se desglosan en objetivos funcionales diferentes asignándolos a grupos diferentes colaboradores. Pero si esta división de trabajo no se hace de manera correcta, se presentarán situaciones indeseadas, como, por ejemplo: que un trabajador tenga que realizar operaciones con alto contenido de trabajo, o sin haber sido estandarizadas, ocasionando altos tiempos improductivos asociados con un método en particular, o condiciones de trabajo inapropiadas para los trabajadores, que generan fatiga, lesiones, etcétera.

Por su parte, en un cuarto nivel de complejidad se encontrarán las situaciones problemáticas que se presentan debido a la interconectividad de varias estaciones de trabajo dentro de uno o varios procesos de la organización, y por ende, los problemas se reflejarán en las diferentes operaciones que ésta realiza. Por ejemplo, algunos de los problemas que enfrenta el ingeniero industrial es el desabasto frecuente de materiales utilizados para producción debido, quizá, a que no se tiene definido un proceso de planeación de las compras o una alta variabilidad en las características de los productos entregados al cliente, que podría ser ocasionado por la falta de estandarización en las operaciones; o que se presenten altos niveles inventarios de producto terminado por una producción excesiva o bajas ventas, que sería un síntoma de un proceso indebidamente planeado.

La complejidad aumenta en el quinto nivel, donde se consideran las relaciones interpersonales en el trabajo, pues aquí es donde las situaciones que podrían presentarse no son tan fácilmente corregibles, como cuando se arregla una máquina. A pesar de que en toda unidad funcional de una empresa suele establecerse un gerente que orienta y dirige acciones para que las personas a su cargo ejecuten las instrucciones, esperando que éstas se conviertan en rutinas y procesos, naturalmente se encontrará con unas capacidades, motivaciones, modelos mentales y entendimiento, que en ocasiones no favorecerá en la obtención de modos de actuación convenientes que se conviertan en modelos compartidos y quizá en una cultura organizacional que favorezca el logro de los objetivos organizacionales. Así pues, aquí es cuando se presentarán problemas como la presencia de insubordinación de los empleados ante las órdenes de su jefe inmediato, el ausentismo frecuente del personal y su alta rotación, o la natural resistencia a cualquier iniciativa de cambio que presente el ingeniero.

En el sexto nivel de complejidad se involucran todos los factores anteriores, dando énfasis en los trabajos de la administración de la empresa o gestión organizacional. Como ya se ha mencionado, una organización es un conjunto de recursos trabajando en coordinación para el logro de un fin común, así que la tarea de la administración es la de asignar los recursos con suficiente habilidad y buen criterio ejecutando procesos de planeación, y durante su implementación darles seguimiento para asegurar el logro de los objetivos globales de la organización. Así pues, cuando en la organización no hay información, por ejemplo, del retorno de las inversiones realizadas en la empresa, o simplemente cuando no se ha definido un plan estratégico que establezca el rumbo a seguir a largo plazo, significará deficiencias en habilidades gerenciales de las personas críticas para el éxito organizacional.

Por último, el nivel siete, que es el más alto en la taxonomía de problemas presentada, se refiere a todas aquellas situaciones que involucran entes externos a la organización, como clientes y proveedores, ya que pertenece a una cadena de suministro que debe gestionarse, porque de lo contrario podrían presentarse problemas como la disminución de ventas por ingreso de nuevos competidores o sustitutos al mercado; incumplimiento de los proveedores, como demoras, baja calidad de materiales, altos costos, etc., y en consecuencia, tener un bajo nivel de servicio al cliente que llevaría a su insatisfacción.

En resumen, se puede comentar que, dada la complejidad de las organizaciones actuales y la complejidad de sus tecnologías, mercados y ambientes, es inevitable que los problemas que se le presenten serán multifacéticos, y que es importante que toda persona que desarrolle su profesión en ingeniería industrial y de sistemas esté habilitada para identificar y estructurar problemas, desde los más simples hasta los más complejos, de tal forma que posteriormente pueda establecer los medios racionales que se puedan usar para solucionarlos.

ACTIVIDAD:

Después de leer con atención este capítulo y complementar con una breve investigación en Internet, responda las siguientes preguntas:

En una empresa manufacturera que produce arneses para la industria automotriz. ¿Qué rol le corresponde a un ingeniero industrial que desempeña la función de jefe de línea y que tiene a su cargo a 30 operadores? Mencione al menos cinco actividades

Suponga que usted ha sido contratado como responsable del sistema de gestión de calidad por una empresa de conveniencia (tipo Walmart, Soriana, etc.) ¿Qué tipo de problemas le correspondería atender? Mencionar al menos cinco

En la región donde usted radica se encuentran instaladas varias empresas procesadoras de carne de cerdo que tiene como destino el mercado de exportación hacia Estados Unidos y Japón. ¿Qué funciones considera que pudiera desarrollar un ingeniero industrial en una industria de este giro?

Redacta, en al menos una cuartilla, cuáles serían tus aspiraciones como futuro ingeniero industrial respecto a tu posible desempeño como profesionista. ¿En qué tipo, tamaño y giro de empresa te gustaría trabajar? ¿Desarrollando qué tipo de actividades?



CAPÍTULO 3. GESTIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya terminado de estudiar este capítulo, usted estará en condiciones de:

- Explicar qué es un proceso y cuáles son las fases que lo componen: plan, hacer, verificar y actuar.
- Visualizar una organización bajo un enfoque de procesos y a un proceso dentro de ciclos cibernéticos.
- Describir gráficamente un proceso utilizando los diagramas de flujo como herramienta.
- Definir funciones y responsabilidades requeridas para ejecutar un proceso, representan su estructura en organigramas.

Introducción

En este y en los siguientes capítulos se explica la disciplina de la ingeniería industrial y de sistemas, en sus diferentes áreas de desempeño, incluyendo algunas de las principales técnicas y herramientas que pudiera aplicar un profesionalista en la organización donde se desempeñe para cumplir sus funciones.

Esta primera sección comienza presentando un concepto básico que toda persona que se inicie con el estudio de esta carrera debe comprender qué es un proceso organizacional, porque esta es la unidad de estudio de un ingeniero industrial, y es importante que conozca cada una de las fases que lo componen.

De igual manera, se presenta un modelo que representa una organización bajo un enfoque de procesos, y cómo se pueden diseñar y conceptualizar cada uno de ellos.

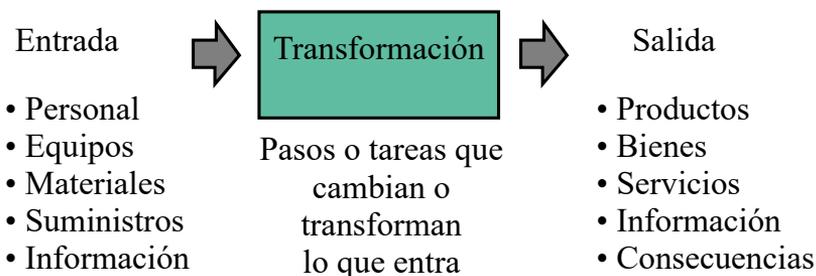
Como herramienta, se presentan los diagramas de flujo y se explica con detalle cómo elaborar un diagrama de esta naturaleza para representar cualquier proceso que se estudie.

Por último, se resalta la importancia de distinguir entre los procesos y las áreas funcionales de toda empresa, que generalmente son nombradas departamentos, y que, por tal razón, en ocasiones se dificulta la colaboración interna para la atención al cliente final, importante para cualquier organización.

3. 1. Procesos: el *core* en el estudio de la ingeniería industrial

Las organizaciones realizan diversas tareas y actividades vinculadas entre sí con la intención de proporcionar servicios y productos. Estas actividades y tareas conforman diversos tipos de

procesos de negocio que se ejecutan en las distintas áreas organizacionales por el personal que opera en ellas.



Por definición general, un **proceso** es una serie de actividades interrelacionadas que convierten entradas en resultados (salidas), consumiendo recursos y necesitando el establecimiento de estándares para que el desempeño sea repetible. Por su parte, un **proceso de negocio** es un conjunto de actividades que se desarrollan en la organización, que están lógicamente relacionadas, y se combinan para generar valor a un cliente a través de bienes, servicios o información (Plazas, 2017).

Un proceso está conformado de actividades jerarquizadas: subprocesos, actividades y tareas, es decir, los procesos se dividen en subprocesos. Cada subproceso a su vez está compuesto por diferentes actividades, las cuales se dividen en tareas. Por ejemplo, el proceso denominado venta al cliente puede tener tres subprocesos: encontrar clientes, tomar solicitud y facturar, y cada uno se compondrá de actividades de menor nivel, así como tareas que definan el trabajo que debe realizar una persona para lograr esa venta al cliente. El proceso se define por lo que se espera obtener de él, y las tareas, por una serie de acciones operativas que se realizan paso a paso.

Todo proceso cuenta con una serie de recursos de entrada, tales como el personal que ejecuta las tareas, los equipos que requiere, los materiales y suministros que transforma, y la información que requiere para operar. Los subprocesos, actividades y tareas constituyen los pasos que permiten la transformación de esas entradas, y producen una salida que puede ser productos, como bienes o servicios, información o cualquier consecuencia.

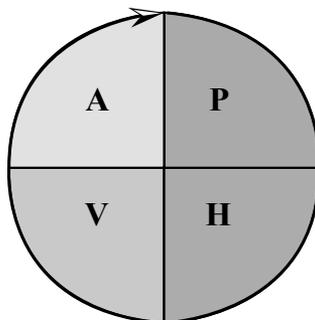
Así pues, los procesos de negocio de una organización constituyen su base operativa y su éxito depende fuertemente de la eficiencia con que sean gestionados, ya que una inadecuada gestión trae como consecuencia altos costos, baja productividad e inadecuados tiempos de respuesta (Gómez Velázquez, 2019).

Por ello, los procesos deben ser parte de la cultura organizacional de las empresas actuales, deben identificarse, entenderse, modelarse e institucionalizarse mediante **manuales de procesos y procedimientos** que constituyen un importante activo para la organización (Gómez Velázquez, 2019), y esto se logra con la aplicación de metodologías y herramientas de **gestión de procesos de negocio (BPM)**, por sus siglas en inglés) (Barrera Cámara, Barrientos-Vera, Santiago Pérez, & Canepa-Sáenz, 2018).

El BPM es una disciplina centrada en el uso de los procesos organizacionales como un medio importante para alcanzar sus objetivos a través de la mejora, la gestión del desempeño y la gobernanza de los procesos esenciales del negocio, aplicable a cualquier tipo de organización sin importar su actividad económica. Esta disciplina tiene sus orígenes desde los enfoques de sistemas dinámicos en las décadas de 1960 y 1970, y la Gestión de la Calidad Total (TQM) en la década de 1980. Sin embargo, con el desarrollo de las computadoras y las tecnologías de información en la década de 1990 y la llegada del Internet, los negocios necesitaron un nuevo enfoque, por lo que

comenzaron a analizar qué era lo que aportaba valor a los clientes y el estudio de los procesos de negocios comenzó a tomar importancia (Plazas, 2017).

En la literatura se presenta una amplia variedad de trabajos vinculados con BPM, incluyendo el área de calidad, y el modelo de **gestión de calidad** establecido con la Organización Internacional de Estándares (ISO, por sus siglas en inglés) en su familia de **normas ISO 9000** (Barrera Cámara, Barrientos-Vera, Santiago Pérez, & Canepa-Sáenz, 2018).



El modelo de ISO se centra en la lógica del planteamiento del trabajo de Deming con el ciclo del “**planear-hacer-verificar-actuar**” (**PHVA**) que hizo famoso. Aplicar PHVA a todos los procesos para su mejoramiento ha sido una de las herramientas prácticas más importantes de la administración (Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez, 2017), por lo que entenderlo resulta imprescindible. A continuación, se describen cada una de sus fases.

1. **Planear:** se refiere a la generación de planes y procedimientos que establezcan las acciones a ejecutar y los recursos que se necesitan para lograr los objetivos definidos.
2. **Hacer:** consiste en implementar los planes definidos anteriormente, es decir, el plan se pone en práctica.
3. **Verificar:** este paso puede desarrollarse al mismo tiempo que la etapa anterior, ya que es donde se realiza el seguimiento y la medición de los procesos y los productos obtenidos a través de ellos, tomando datos y evidencias que permitan determinar si la implantación de los planes fue exitosa o no, es decir, si se lograron los objetivos. En caso de que no se hayan logrado, se profundiza en el análisis de las causas raíz hasta encontrar el problema.
4. **Actuar:** se toman las decisiones que permitan implementar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos, y se logren los resultados esperados.

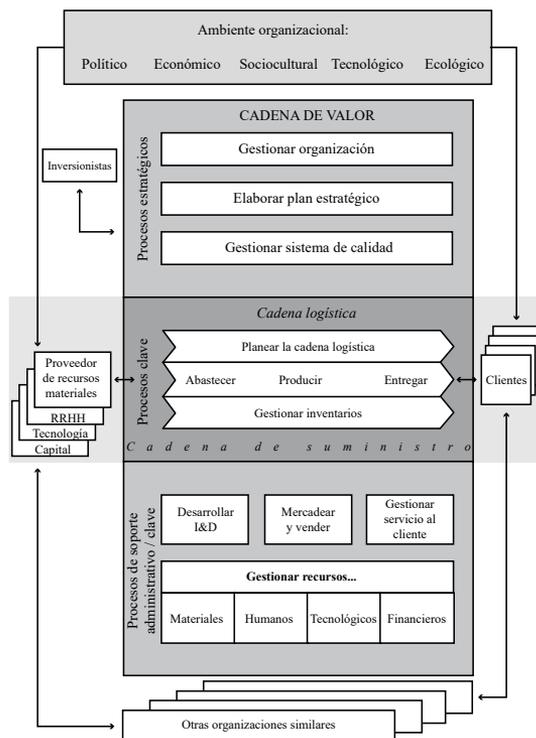
3. 2. El diseño organizacional y de procesos bajo un enfoque de sistemas

Como se comentó en el capítulo anterior, en el mundo de los negocios se debe ver a la empresa como un sistema y comprender cada una de las partes que la integran. Para hacer esto, primero se debe comprender “**el todo**”, es decir, antes de estudiar una parte del sistema y hacer **reduccionismo**, se debe analizar el contexto organizacional o ambiente externo para identificar los componentes estructurales y funcionales que integran la empresa objeto de estudio, haciendo **expansionismo**; pero para comprender cómo afectan estos factores, a su vez, se deben estudiar a las partes.

En este sentido, Arellano González *et al.* (2017) proponen un modelo que establece un modo de conceptualizar a las organizaciones con un enfoque de sistemas, ya que incluye todas las variables que afectan en su desempeño (ver Figura 5), tales como los factores del ambiente que le

impactan positiva o negativamente al representar **oportunidades** o **amenazas** en su desarrollo, que pueden apreciarse en la parte superior de la figura.

Figura 5. *Modelo de la Arquitectura del Desempeño Organizacional en una Cadena de Suministro (ADOCS)*



Fuente: (Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez, 2017).

Asimismo, considerando que las organizaciones son como máquinas que toman entradas, como los requerimientos del cliente, y los convierte en salidas para su entrega a ellos, es muy importante que estudie el mercado, representado en el recuadro de la parte derecha de la figura, para identificar aquellos **segmentos de clientes** que pudiera atender la empresa con una **propuesta de valor** diferenciada de otras organizaciones similares (ilustradas en la parte inferior del modelo) y que le compiten ofreciendo bienes o servicios similares, para poder lograr la **competitividad**.

Dicho proceso de transformación se ejecuta utilizando recursos claves como capital, tecnología, recursos humanos, materiales y equipo (mostrados a la izquierda del modelo), los cuales son entregados por los diferentes **proveedores** de la misma forma que les entregan a las empresas competidoras. Así, entre más eficaz y eficiente sea el sistema al entregar valor a los clientes, mayor **retorno de la inversión** podrá proporcionar a sus **inversionistas** financieros, que son quienes inyectan dinero a la empresa y esperan una ganancia de regreso.

El modelo se denomina Modelo de la Arquitectura del Desempeño Organizacional en una Cadena de Suministro (ADOCS), porque la caja interna que representa la cadena de procesos organizacionales por medio de los cuales se entregan el producto/servicio a los clientes, se enmarca en un sistema mayor o suprasistema llamado **cadena de suministro**. Que una empresa se enmarque en una cadena de suministro, implica que debe continuamente adaptarse a cambios de dicho suprasistema, mientras trata de entregar el valor a sus clientes y accionistas.

Desde este **enfoque de procesos**, se considera que los procesos son el medio para articular y organizar el trabajo; primero para que éste sea realizado con eficacia y de manera eficiente, y segundo, para que pueda ser gestionado eficazmente, es decir, planeado, monitoreado y controlado para lograr la mejora continua, lo cual es nuevo, ya que en el pasado el énfasis principal en la organización del trabajo ha sido la operación, mientras que la gestión había sido obviada (Rummler, Ramias, & Rummler, 2006). Esto implica distinguir una tipología de procesos donde generalmente se distinguen tres categorías en función de la finalidad, las cuales se describen a continuación.

- **Procesos estratégicos:** proporcionan dirección y gobierno a la organización al ser desarrollados por personal de primer nivel de la organización (CEO, directores, gerentes, etc.), donde se definen objetivos y proyectos estratégicos que dictan las directrices a los demás procesos. Ejemplos: planeación estratégica, dirección general, gestión de relaciones externas, etcétera.
- **Procesos clave:** están dirigidos a dar valor a los clientes con el servicio o producto que se entrega, y componen la **cadena del valor** de la organización; típicamente atraviesan muchas funciones y consumen la mayor parte de los recursos. Ejemplos: gestión de pedidos del cliente, diseño y desarrollo, compras, producción, entrega, procesos de generación de demanda (promocionar, vender, atender clientes y facturar), servicio posventa, etcétera.
- **Procesos de soporte:** aportan los **recursos** necesarios para que puedan desarrollarse todos los procesos, pero no están ligados directamente a la creación de valor, sino que son requeridos para el control y la mejora del sistema de gestión, y sus clientes son internos. Ejemplos: gestión de recursos humanos, gestión de recursos financieros, gestión de sistemas de información, gestión de infraestructura y equipos de producción, etcétera.

Así pues, una distinción muy importante entre la manera tradicional de ver las organizaciones y ahora verla como un sistema, es que la última reconoce que el trabajo fluye horizontalmente a través de los procesos para proporcionar un producto o servicio valorado al cliente. El concepto de **valor** está asociado con la razón de ser de una empresa, independientemente de su giro o tamaño, debido a que con su actividad busca satisfacer una necesidad de un cliente y de sus partes interesadas entregándoles un bien o servicio de valor. Según Porter (2001), el valor es la suma de los beneficios percibidos por el cliente, los cuales son menores a los costos al adquirir y usar un bien o servicio, por lo que se deben diseñar y planear los procesos a partir de la identificación de las fuentes de generación de valor para el cliente, que debería ser la misión de toda empresa.

Lo anterior implica la necesidad de llevar a cabo una **planeación corporativa** que englobe a la organización entera (Ackoff, 2012), a través de la cual se establezcan los aspectos indispensables que se detallan a continuación.

- **Planeación de fines**, que consiste en definir QUÉ se desea para la organización, es decir, los **ideales** que establecen lo que se desea lograr y lo que se debe hacer (**visión y misión**), los **objetivos misionales** que establecen lo que se puede lograr a largo plazo, y las **metas** que establecen lo que se va a hacer a corto y mediano plazo.
- **Planeación de medios**, que consiste en definir CÓMO se van a lograr los fines, que regularmente se establecen al definir **políticas, programas y proyectos**.
- **Planeación de recursos**, que define CON QUÉ recursos (humanos, materiales y financieros) se podrán lograr los fines, al permitir que la organización opere y genere el bien o el servicio en la cantidad y calidad adecuada, oportuna y económica.
- **Planeación organizativa**, que define QUIÉNES se deben involucrar, es decir, los requerimientos organizacionales en lo referente a la **estructura organizacional** (división funcional del trabajo), los procesos (funciones y organización) y sistemas administrativos.

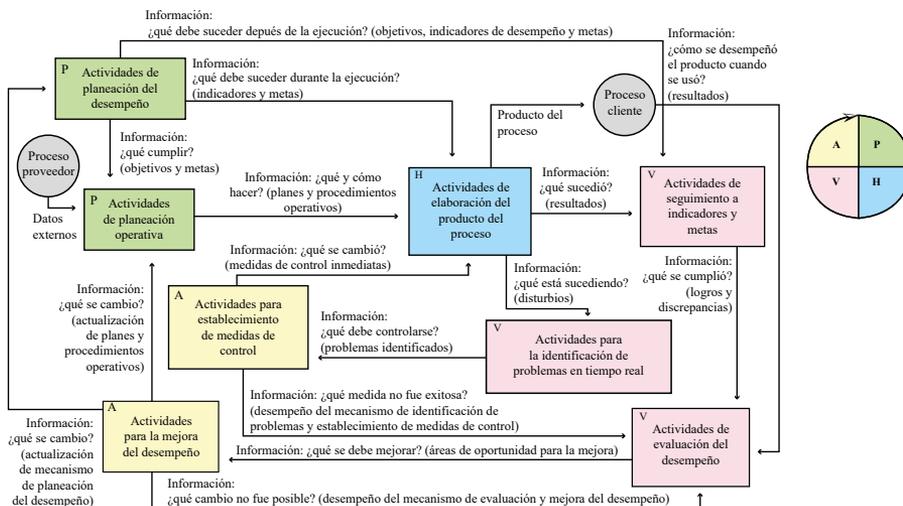
- **Planeación de la implantación y control**, que diseñe los sistemas requeridos para implantar los planes, dar seguimiento a su cumplimiento, evaluar el logro de objetivos y metas, y controlar el proceso para el logro de éstos.

Este sistema de planeación corporativa es el que se establece en la parte superior de la cadena de valor representada en la caja central del modelo ADOCS, identificada como procesos estratégicos, e incluye la **planeación estratégica**, que se relaciona con la planeación de fines y afecta a la organización como un todo; mientras que el resto de los tipos de planeación explicados con anterioridad, se engloban en el concepto de **planeación táctica**, la cual está relacionada con **gestionar la organización** y el **sistema de gestión de calidad**, que aunque también ven a la organización como un todo, se enfocan en la definición de medios. Específicamente, gestionar la organización implica relacionar la planeación con los grupos funcionales individuales que existen en la organización con el fin de que los individuos dentro de cada grupo puedan organizar sus actividades adecuadamente, realizarlas y apreciar de manera objetiva sus propios esfuerzos como una contribución al logro de los objetivos globales de la organización; mientras que gestionar el sistema de calidad se enfoca en el cumplimiento de los diversos requisitos planteados por los clientes, la normatividad y la organización misma.

Un aspecto a considerar es que, debido a la dinámica de las situaciones que ocurren en las organizaciones y sus ambientes, la planeación en una empresa debe actualizarse, corregirse y extenderse de manera tal que la organización aprenda a aprender, a desaprender y a adaptarse. De aquí la importancia del concepto planeación, donde el desempeño real obtenido se compara periódicamente con lo deseado, y cualquier desviación se identifica y corrige, tal como se promueve en la filosofía del PHVA explicada anteriormente.

Para poder lograr esto, se requiere de la existencia de una jerarquía de sistemas de planeación que permita coordinar la planeación corporativa e integrarla a los procesos de la organización, y para poder implantar estas jerarquías se requiere diseñar los procesos como sistemas operativos que proporcionen a la organización la infraestructura necesaria para el aprendizaje; tal como se modela en la Figura 6, donde se muestra la jerarquía de sistemas de planeación para el aprendizaje en un proceso.

Figura 6. *Conceptualización de un proceso: un modelo general*



Fuente: Adaptado de Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez (2017).

Este modelo general que se representa en la Figura 6, muestra una conceptualización de un proceso que, al considerarla en el diseño de procesos, permite asegurar que el resultado contendrá todos los elementos necesarios para funcionar como un sistema que busque su propia autorregulación incorporando ciclos de realimentación, con un enfoque de mejora continua (PHVA), lo que le da una característica de sistema cibernético. Es así como se puede afirmar que es posible configurar una organización como un sistema que cumpla con sus propiedades y busque el equilibrio en su operación y, sobre todo, el logro de sus objetivos definidos en la fase de planeación.

En esta conceptualización de un proceso, se muestra una jerarquía de planeación de dos niveles. Primeramente, se plantea una planeación del desempeño donde este nivel funcional se liga con la planeación corporativa explicada anteriormente, ya que de aquí se derivan los objetivos y metas a los que debe contribuir el proceso, así como los indicadores de desempeño que deberán monitorearse para dar seguimiento a su cumplimiento. Esto nutre al siguiente nivel en la jerarquía de planeación, que se requiere a la planeación operativa, que deberá transformar este plan de desempeño en procedimientos y rutinas que permitan el proceso de transformación de entradas en salidas.

Sin embargo, dadas las situaciones que ocurren en las organizaciones y sus ambientes de carácter dinámico, y los disturbios que inciden directamente sobre la operación y que siempre existirán debido a la naturaleza caótica de todo sistema de actividad humana, se espera que aparezcan problemas que deben identificarse y solucionarse, puesto que ocasionan discrepancias entre los resultados planeados y los logros; por lo que se requiere de sistemas de seguimiento, evaluación y control de la operación y del desempeño, para corregir esas discrepancias y así mejorar para obtener los resultados deseados y planeados.

Es importante enfatizar que los sistemas de seguimiento, evaluación y control deben relacionarse tanto con la operación como con la planeación, ya que los problemas no sólo inciden sobre la operación, si no que existe la posibilidad de que algunos de esos problemas hayan sido ocasionados por una planeación inadecuada y no realista; por lo que será necesario replantear ese plan.

Para lo anterior, se requiere que la organización cuente con **sistemas de información** adecuados que apoyen la toma de decisiones a todos los niveles; que transformen los datos generados en la operación, en información relevante y pertinente que requiere cada tomador de decisiones para el buen desempeño de sus funciones y para lograr **inteligencia de negocios** gracias a una toma de decisiones ágil, oportuna y adecuada.

En resumen, este tipo de modelos conceptuales resultan de mucha utilidad práctica al momento de estudiar una organización cuando se busca llevar a cabo una reingeniería de sus procesos de negocio, ya que proporcionan un marco de referencia idealizado sobre el cual diseñar la organización con fines de asegurar no sólo su eficiencia operacional, sino también su eficacia en un mercado que cada vez es más competitivo, dinámico, incierto, volátil y complejo.

3. 3. Diagramas de flujo como herramienta para diseñar procesos

En términos generales, el diseño de procesos se refiere a la planeación de pasos rutinarios de un proceso (**procedimiento**), con el fin de lograr un resultado; es la actividad de determinar el flujo de trabajo, los equipos necesarios, y los requerimientos de implementación para un proceso en particular (Plazas, 2017).

En las organizaciones, para diseñar procesos de negocio se debe entender y definir las actividades del negocio que le permiten funcionar, asegurándose que sean efectivos, cumplan las necesidades del cliente y permitan el desarrollo organizacional. En este proceso de diseño, típi-

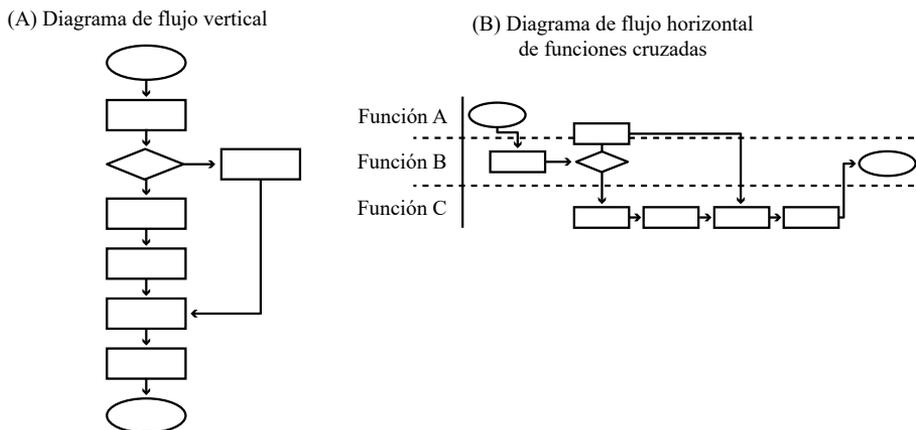
camente se usan herramientas de modelado, como los diagramas de flujo, así como *software* que simula procesos y genera modelos a escala.

Un **diagrama de flujo**, también conocido como flujograma, diagrama de flujo del proceso o diagrama de red, es un resumen pictórico (algoritmo gráfico) que representa gráficamente las actividades, decisiones y flujos (movimiento de información y materiales) que conforman un proceso desde su inicio hasta su finalización.

Es una herramienta básica en ingeniería industrial, usada desde de la década de 1960 para la definición, análisis y solución de un problema (Gómez Velázquez, 2019), ya que permite mostrar cómo funciona todo el sistema y dónde ocurren los errores y desperdicios. En muchas ocasiones, la misma representación gráfica apoya a la identificación de problemas, sobre todo cuando éstos tienen que ver con la toma de decisiones.

Existe una gran variedad de *software* de uso libre y pagos en la Web para hacer diagramas de flujo, tales como Microsoft Visio, Lucidchart o Draw.io, los cuales utilizan diferente simbología para la representación de actividades, decisiones y direcciones de flujo. Convencionalmente, las actividades se representan con un rectángulo y las decisiones con un rombo, interrelacionadas con flechas que muestran el flujo del proceso, marcando el inicio y fin con un óvalo, y otros procesos relacionados con círculos. Asimismo, es posible estructurar los diagramas de forma vertical u horizontal (ver ilustración en Figura 7).

Figura 7. Formas que pueden tomar los diagramas de flujo de proceso



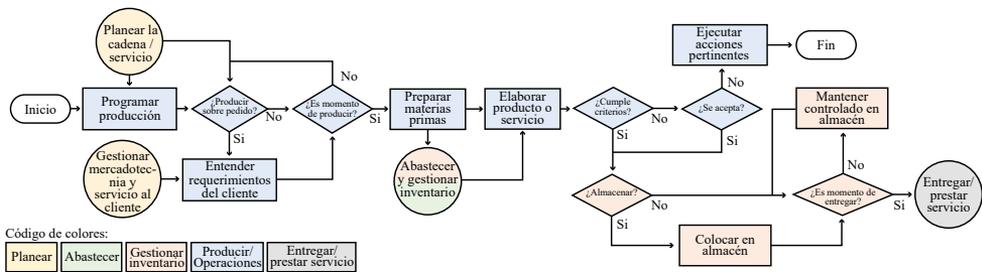
Fuente: Adaptado de Plazas (2017).

Un diagrama de flujo que se estructura horizontalmente, también conocido como **diagrama de flujo de funciones cruzadas**, muestra los agentes (personas o funciones que se involucran en el proceso) a la izquierda de la imagen, y crean unos carriles donde se ubican las actividades que le corresponden a cada agente; las actividades se pueden ordenar de arriba abajo o de izquierda a derecha. Por su parte, el diagrama vertical es un flujograma lineal que no hace mención a los agentes que intervienen, sino que las actividades aparecen secuenciadas una detrás de la otra; y aunque su construcción es más sencilla, aporta menos información que el flujograma de funciones cruzadas (Plazas, 2017).

En la Figura 8 se muestra un ejemplo de un diagrama de flujo que representa las actividades para producir o prestar servicio (en color azul), así como para gestionar los inventarios que se generan (color naranja), considerando que existen otros procesos donde se generan clientes (color

gris oscuro), se elabora un plan de producción o servicio (color amarillo), se realizan las compras (verde) y se entrega al cliente (gris claro).

Figura 8. Diagrama de flujo general para producir un bien o un servicio



Fuente: Elaboración propia a partir de Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez (2017).

En general, el procedimiento que se sigue cuando se desea elaborar un diagrama de flujo, se divide en cuatro grandes pasos:

1) Entender la organización y sus procesos. Esto se realiza a partir de información que se obtiene con base en documentos disponibles o entrevistas estructuradas realizadas a las personas que laboran en la empresa, o de una investigación referencial (cuando la empresa es de nueva creación). En caso de realizar una entrevista, se recomienda hacer una guía de preguntas para lograr la recopilación de toda la información que se considere necesaria para entender la operación de la organización, tal como la presentada por Arellano González, Carballo Mendivil y Ríos Vázquez (2017) en el capítulo 2 de su libro *Análisis y diseño de procesos* (en la Tabla 2 se presenta un extracto).

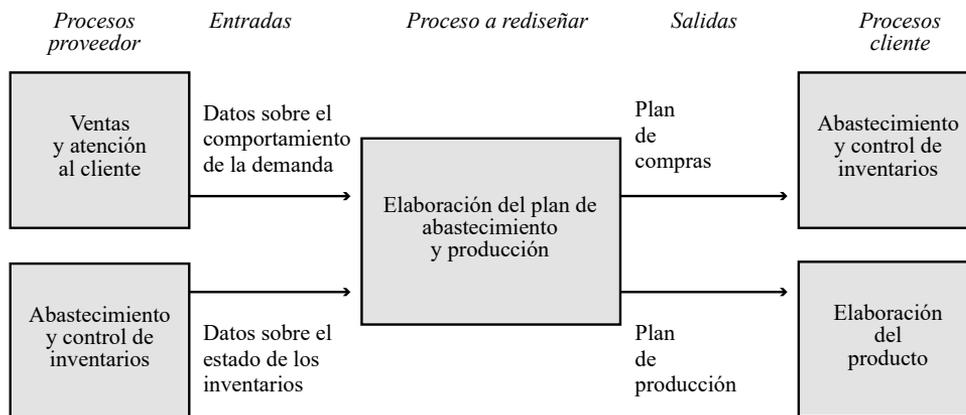
Tabla 2. Guía de entrevista para entender a la organización y sus procesos principales

Puntos de reflexión	
Procesos principales	¿Qué es lo que hace la empresa?: ¿Elabora un producto físico, presta servicios intangibles o ambos? <i>Liste los productos que elabora (en orden descendente de acuerdo con la cantidad de ventas y producción, cuando aplique)</i>
	¿Cómo se produce? *Si la empresa elabora un producto físico: ¿Producen para inventarios (guardar en almacén y esperar que el cliente lo compre), o sobre pedido (no se produce mientras no hay un cliente que lo solicite o pague)? *Si la empresa presta servicios intangibles: ¿El cliente se consigue por concurso (licitación), o son clientes que llegan a la empresa individual?
	¿Cómo se abastece de materias primas o insumos que requiere para elaborar los productos y ofrecer sus servicios? ¿Quién realiza esta actividad? ¿Cómo toma decisiones respecto a cuánto y cuándo comprar?
	¿Cómo entrega los productos/servicios a sus clientes? *Si la empresa elabora un producto físico: ¿Realiza la distribución de manera individual (a cada cliente) o colectiva (en un solo viaje puede hacer varias entregas)? *Si la empresa presta servicios intangibles: ¿Se realiza el servicio en las instalaciones de la empresa, o donde está el cliente?
	¿Cómo se prepara para elaborar los productos/servicios? ¿Realiza un pronóstico de ventas con base en datos históricos de las ventas obtenidas en el pasado o sólo estima usando la experiencia? ¿Quién realiza esta actividad?

Fuente: Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez (2017).

2) Establecer los límites del proceso. Se tiene que establecer el inicio y el fin del proceso para acotar su alcance, ligándolo al resto de los procesos de la organización que se tienen definidos (como los presentados en el modelo de la Figura 5), de tal manera que se identifiquen las entradas y salidas del proceso a estudiar, tal como se presentan en la Figura 9.

Figura 9. *Relación de un proceso con otros procesos proveedores y clientes. Un ejemplo*



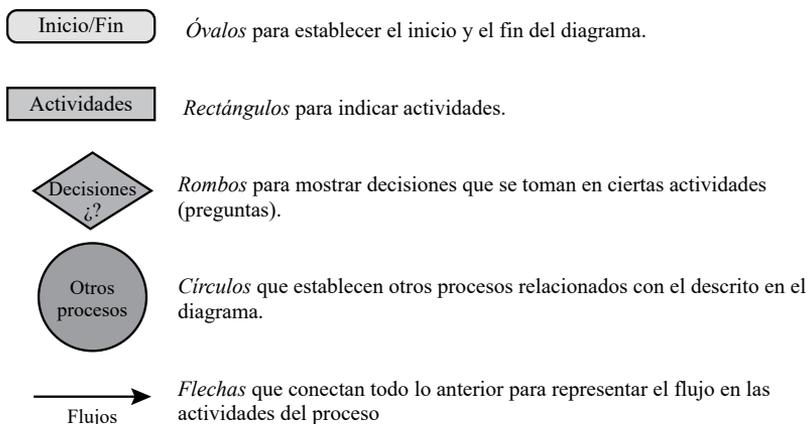
Fuente: Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez (2017).

3) Definir las cuatro fases del PHVA para el proceso. Considerando la conceptualización de un proceso mostrada en la Figura 6, se deberán plantear un primer nivel de PHVA para el proceso bajo estudio. Para ello se puede apoyar en las respuestas a las preguntas planteadas en la Tabla 3.

Tabla 3. *Preguntas para identificar las fases PHVA de un proceso y otros elementos*

Elemento	Pregunta a responder
Propósito	¿Qué se espera de este proceso?
Producto	¿Cuál es el producto del proceso?
Hacer (H)	¿Qué debe hacerse para obtener el producto?
Planear (P)	¿Qué pasos previos de preparación se requieren ejecutar para poder hacer lo anterior?
Verificar (V)	¿Qué debe verificarse para la utilidad del producto?
Actuar (A)	¿Qué hacer si hubo problemas?

Fuente: Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez (2017).



4) Dibujar el diagrama. Siguiendo la lógica de las actividades que se realizan en el proceso identificadas con anterioridad, y usando un *software* especializado que incluya la simbología apropiada para elaborar diagramas de flujo, como la aplicación de acceso libre: Lucidchart³⁰ o Draw.io;³¹ se dibuja el diagrama utilizando los símbolos explicados anteriormente: rectángulos, rombos, óvalos y, en su caso, círculos, conectados con flechas.

Por último, es importante considerar que, si se desea elaborar un diagrama de funciones cruzadas, es decir, un diagrama donde no sólo se indiquen las actividades, sino también las funciones responsables de ejecutarlas, se deberá incluir un paso 5 referente a la identificación de estas funciones o puestos de trabajo involucrados en el proceso, tal como se explica en el siguiente apartado.

ACTIVIDAD:

NOTA: Antes de realizar la actividad, se recomienda hacer una breve investigación documental para construir un marco referencial respecto a la elaboración de galletas de repostería, para que pueda comprender lo básico de los materiales utilizados en su elaboración, así como el proceso de producción y buenas prácticas asociadas.

Una vez que haya comprendido en qué consiste el proceso, elabore un diagrama de flujo a partir de la siguiente receta de cocina para elaborar galletas, utilizando los símbolos explicados anteriormente (rectángulos, rombos, óvalos y, en su caso, círculos, conectados con flechas), en el software de su elección (como Lucidchart o Draw.io).

RECETA

Ingredientes:

- 3 tazas de harina de trigo
- 227 g de mantequilla sin sal
- 1 taza de azúcar
- 2 huevos
- 2 cucharaditas de vainilla
- 1 ½ cucharadita de sal
- 1 cucharadita de polvo para hornear

³⁰ Herramienta de diagramación basada en la web, que permite crear diagramas de flujo, organigramas, mapas mentales, *layouts* y muchos otros tipos de diagrama. Se accede desde: www.lucidchart.com

³¹ Es una aplicación gratuita para Google Drive que se puede utilizar para crear diagramas de flujo, organigramas y diagramas de red. Se accede a ella desde: <https://app.diagrams.net/>

Instrucciones:

Batir mantequilla a temperatura ambiente con el azúcar. Luego agregar la vainilla y después los huevos, batiendo hasta incorporar por completo.

Tamizar la harina para quitar los grumos, y mezclarla con la sal y el polvo para hornear.

Añadir poco a poco la harina a la mezcla de mantequilla, amasar manualmente hasta tener una masa firme y homogénea.

NOTA: puede utilizar batidora industrial, pero no utilice una batidora casera porque se puede dañar.

Cubrir la masa con plástico y reposar por 2 horas en el refrigerador o 20 minutos en el congelador.

Precalentar el horno a 350°F o 180°C.

Amasar manualmente la mezcla hasta que esté firme y homogénea.

Extender la masa de galletas en una superficie limpia y con harina para que no se pegue, y aplanarla con un rodillo enharinado hasta que sea aproximadamente medio centímetro de grosor.

Cortar las figuras (redondas) y colocar en bandeja con un poco de harina esparcida.

Colocar bandeja en el horno en la rejilla inferior por 10 minutos.

Subir bandeja en el horno en la rejilla superior por 10 minutos o hasta que el contorno de las galletas se vea dorado.

Sacar del horno y dejar enfriar completamente.

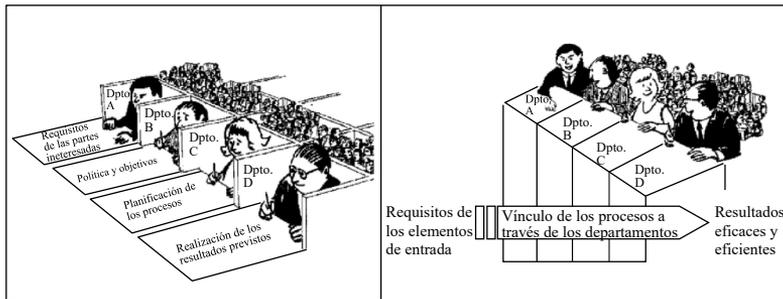
NOTA: Los pasos que aparecen en las instrucciones de la receta no son los únicos que deben incluirse como actividades en el diagrama de flujo, sino que debe derivarse nuevas actividades que permitan visualizar un proceso completo con todas las fases PHVA, de acuerdo con la lógica del diseñador (imagínese haciendo las galletas, y explique paso a paso lo que haría). Por ejemplo, antes pueden incluirse actividades de planeación, como el establecimiento de las cantidades a producir, y después de los pasos de la receta, debería incluir pasos referentes al empaquetado, así como para la evaluación del cumplimiento de los planes y el establecimiento de acciones de mejora; asimismo, debería hacerse referencia a otros procesos como la compra de insumos y la preparación del equipo, así como la distribución de los productos finales, por mencionar algunas.

3. 4. Procesos de negocio y departamentos funcionales

Los principios de administración planteados desde tiempo de Fayol establecen que en toda empresa, institución, dependencia de gobierno, etc., se deben definir los roles, responsabilidades y autoridades de todos y cada uno de los actores que la integran, organizando el trabajo en distintas áreas que tradicionalmente se les llama **departamentos**.

Esto conlleva que las organizaciones se gestionen verticalmente, lo que ocasiona que no todos los participantes en los departamentos puedan ver todo lo que está involucrado para poder lograr los resultados esperados. En consecuencia, a menudo se da menos prioridad a los problemas que ocurren fuera de los límites de su departamento, y sólo se enfocan a lograr sus metas internas, más que en el beneficio global de la organización (ver Figura 10).

Figura 10. Diferencia entre departamentos y procesos

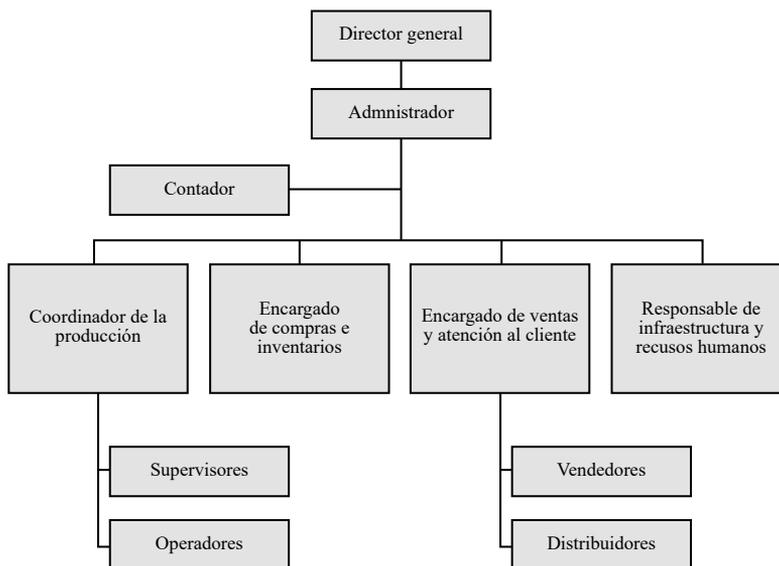


Fuente: International Organization for Standardization-ISO (2004).

Así pues, aunque organizarse en departamentos ha funcionado en muchas organizaciones durante mucho tiempo, en la actualidad se promueve el **enfoque basado en procesos** como una vía para organizar y gestionar la forma en que las actividades de trabajo crean valor para el cliente y otras partes interesadas; de tal manera que se evite que cada departamento se enfoque únicamente en sus funciones sin asegurarse que al cumplirlas se promueva el logro de resultados eficaces y eficientes, sino que haya comunicación entre ellos para coordinarse y vincularse de manera correcta en beneficio de la organización, introduciendo una gestión horizontal que cruza las barreras entre diferentes unidades funcionales y unifica sus enfoques hacia las metas principales de la organización, tal como lo explica la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) (2004).

Sin embargo, aunque las organizaciones decidan implementar este enfoque de procesos, a menudo siguen manteniendo una estructura como jerarquía de unidades funcionales, y recurren a modelos gráficos para representarlos, como el **organigrama**, el cual permite estructurar las diferentes responsabilidades y relaciones dentro de la misma. Ver ejemplo en la Figura 11.

Figura 11. Ejemplo de organigrama de una pequeña empresa



Fuente: Tomado de Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez (2017).

Un organigrama representa los elementos de autoridad, los niveles de jerarquía y la relación que existe entre cada uno de sus participantes; desempeña un papel meramente informativo, pero que, para su estructuración, requiere que se formalice la asignación de roles y responsabilidades de cada una de las áreas para que puedan ser utilizados al planificar y coordinar el trabajo en equipo.

Como se observa en el organigrama del ejemplo, este tipo de herramientas permite ver de manera fácil la estructura de una organización, su jerarquía y niveles, presentando las relaciones entre los distintos departamentos o áreas de una organización, así como las funciones específicas que cada uno de ellos cumple, los flujos de información para facilitar la toma de decisiones y, por ende, la gestión organizacional.

En el caso del ejemplo la jerarquía es vertical, aunque podría representarse de manera horizontal, mixto, circular, tabular, etc. En él, un puesto colocado debajo de otro significa la línea de mando (el de arriba es el jefe del puesto de abajo). Respecto al nivel, cuando dos o más puestos son colocados en la misma línea o nivel, significa que son equivalentes (en jerarquía, nivel académico, responsabilidades, etc.). Asimismo, es recomendable que sólo se coloque el nombre de los puestos y no el nombre de las personas que los ocupan, ya que estos últimos son cambiantes; en su lugar, se recomienda complementar la imagen con el listado de personas que ocupan los puestos, con propósito informativo. Asimismo, es importante mencionar que en casos de micro y pequeñas empresas, como el representado en el ejemplo, una misma persona puede ocupar varios puestos.

La elaboración de estos organigramas es útil, sobre todo en micro y pequeñas empresas, ya que en este tipo de empresas es común que no se tenga formalizado el trabajo y las personas asuman diferentes roles y responsabilidades sin que nadie se los haya definido. Lo anterior genera cierto nivel de caos durante la elaboración del bien o servicio e impacta negativamente en la productividad y calidad, ya que se generan vacíos de autoridad y se evaden responsabilidades cuando las cosas no salen bien. Esta información es un elemento importante para hacer el análisis estructural de la organización y generar información para identificar situaciones no deseadas y síntomas que pudieran utilizarse para estructurar la situación problemática. Con la revisión de la estructura organizacional, es posible identificar que pudiera haber trabajadores con excesiva carga de trabajo, mientras otros con pocas actividades e inclusive sin una supervisión adecuada o con actividades difusas e innecesarias (Arellano González, Carballo Mendivil, & Ríos Vázquez, 2017).

ACTIVIDAD:

Considerando que debe ejecutar el procedimiento descrito en el flujograma de la actividad anterior; para la puesta a la venta de galletas, arme un equipo de trabajo que le permita cumplir con el objetivo, generando el diagrama de la estructura organizacional, con al menos las siguientes funciones. Identifique también su salario mensual estimado en la región (los datos que se incluyen son reportados en la plataforma <https://mx.talent.com/> como salario medio en 2023 para estas funciones en México).

Función / puesto	Responsabilidades	Salario estimado mensual	Nombre de la(s) persona (s)
Jefe de producción	Planificar operaciones para obtener un máximo rendimiento y mínimo retraso. Gestionar los recursos (humanos, materiales y equipo) necesarios. Coordinar el proceso productivo (fabricación, calidad, mantenimiento, logística) para cumplir las directrices. Analizar posibles mejoras en la producción y el cumplimiento de los estándares de calidad. Preparar informes de rendimiento.	\$ 12 000 <i>(\$ 554 por día o \$73.85 por hora)</i>	

Supervisor de producción	Asegurar que se lleven a cabo los procesos según el plan. Evaluar y reorganizar las secuencias de producción según sea necesario, para garantizar que se acabarán a tiempo y sin mermas. Controlar y motivar a los operadores para que den lo mejor de sí en el trabajo. Verificar que no se tomen riesgos innecesarios que puedan atender contra la seguridad y salud de los operadores. Atender problemas cuando surjan, con el objetivo de que haya una mínima inactividad.	\$ 11 000 (<i>\$ 508 por día o \$67.69 por hora</i>)	
Operador de producción	Trasladar materias primas de un lugar a otro y controlar su almacenamiento. Realizar las operaciones de producción según las indicaciones (preparar la masa, aplanar masa, cortar galletas, vigilar el horneado y enfriado de cada lote, empacar, etc.) Realizar labores de mantenimiento y de limpieza.	\$ 5 429 (<i>\$ 250 por día o \$33.35 por hora</i>)	
Inspector de calidad	Aprobar o rechazar materias primas y registrar el rendimiento de proveedores. Analizar los productos elaborados, mediante la medición de dimensiones, pruebas funcionales, comparación con especificaciones, etc. Mantener registros de las mediciones y pruebas realizadas. Preparar informes.	\$ 10 000 (<i>o \$ 323 por día o \$43.08 por hora</i>)	

NOTA: Es importante considerar que una sola persona puede desarrollar varias funciones, es decir, un organigrama puede tener más recuadros que personas dentro del equipo de trabajo. Por ello, en esta tabla se deberán indicar los nombres de las personas que desarrollarán cada una de las funciones repitiendo nombres en más de una línea.

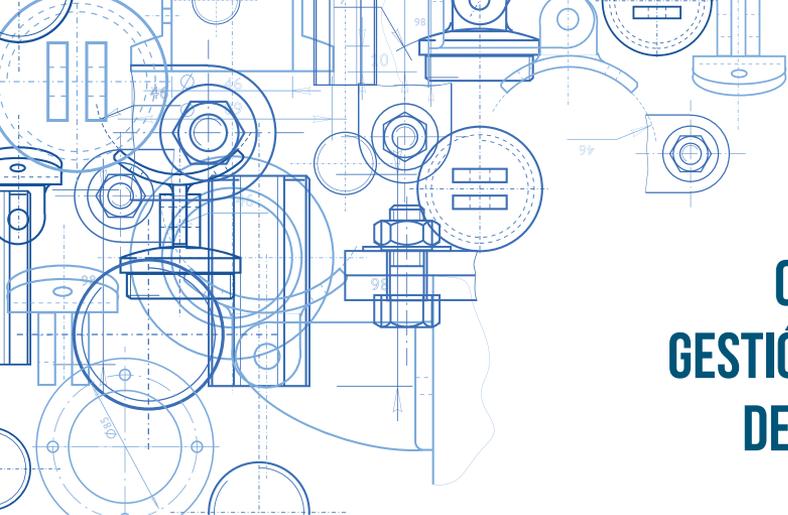
Además de estas funciones o puestos de trabajo, identifique otras que deberían tenerse formalizadas en su empresa para su adecuado desarrollo (por ejemplo, encargado de ventas, responsable administrativo, entre otros), complementando la tabla anterior donde se describan las responsabilidades a detalle para cada función, y su salario estimado.

Por último, elabore su organigrama para obtener una imagen como la del ejemplo en la Figura 13. Cuando elabore este organigrama, considere lo siguiente:

Un puesto debajo de otro significa la línea de mando (el de arriba es el jefe del puesto de abajo).

Los puestos colocados al mismo nivel, significa que son equivalentes en jerarquía, nivel académico, responsabilidades, etcétera.

Sólo se coloca el nombre de los puestos, no es correcto escribir el nombre de las personas que los ocupan.



CAPÍTULO 4. GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya terminado de estudiar este capítulo, usted estará en condiciones de:

- Explicar la evolución del concepto de logística a cadena de suministro.
- Describir los procesos de la cadena de suministro.
- Elaborar el plan de abastecimiento para la producción de un bien con demanda dependiente.
- Seleccionar los mejores proveedores de materiales en función a criterios establecidos.
- Diseñar un plan de distribución de productos a puntos de venta, así como el empaque adecuado a las características del producto y el mercado.

Introducción

Continuando con el tema de los procesos, en este capítulo se abordan los procesos de la cadena de suministro, con los cuales la empresa se asegura de que todo fluya en su operación: desde la obtención de materias primas requeridas, hasta la entrega de los productos terminados a sus clientes. Para explicar cómo es esto, de inicio se expone el concepto de logística y su evolución hacia la gestión de la cadena de suministro, presentando además un modelo internacionalmente reconocido para representar una cadena de suministro: el modelo SCOR.

Asimismo, se describen cada uno de los procesos de la cadena de suministro que se conceptualizan dentro de este modelo: planear, abastecer, producir, entregar, así como devolver a proveedores y recibir devoluciones de clientes. Conocer estos procesos es importante, pues son aquellos en los que se especializa un ingeniero industrial.

Posteriormente se aborda el tema de planeación del abastecimiento, en específico los sistemas de planeación de productos de demanda dependiente, incluyendo ejemplos de lista de materiales y un plan de requerimientos de materiales.

A continuación, se presenta un procedimiento de evaluación para seleccionar nuevos proveedores, basado en tres criterios: precio, calidad y tiempo de entrega.

Por último, se da un breve repaso de lo que implica el sistema de distribución de productos de una empresa, revisando los tipos de almacenes, transportes y la definición de empaque y embalaje, incluyendo además un procedimiento sencillo para trazar rutas de distribución de última milla, utilizando herramientas tecnológicas libres.

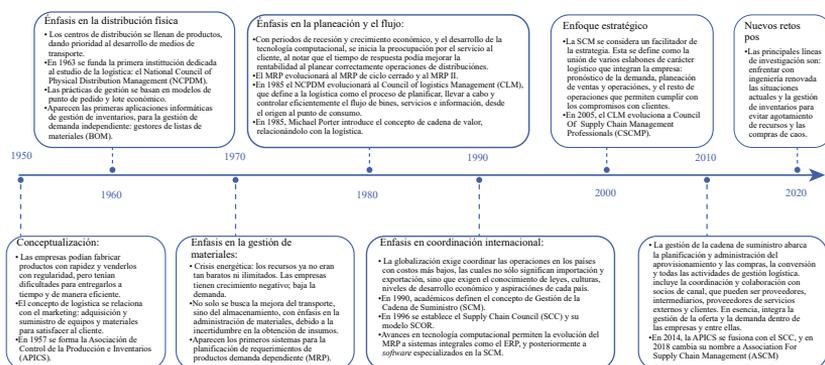
4. 1. Evolución del concepto de logística a gestión de la cadena de suministro

Desde antes del descubrimiento de América, el comercio ha sido una actividad muy importante para la humanidad, y tuvo su auge gracias a la navegación fluvial y marítima en Europa, así como otros elementos que impulsaron el comercio internacional y fueron precursores de la logística del transporte (Balza Franco & Cardona Arbelaez, 2020).

Sin embargo, el concepto de **logística** ha existido desde el inicio de la humanidad, aunque se hizo visible, por ejemplo, con el aprovisionamiento y distribución de materiales para la construcción de las pirámides egipcias, las estrategias para mantener abastecidos a los ejércitos durante los grandes eventos bélicos, o simplemente cuando la humanidad ha tenido que prevenirse con recursos para enfrentar tiempos de escasez o hambruna. Actualmente, la logística empresarial moderna se conceptualiza después de la Segunda Guerra Mundial, cuando los científicos e ingenieros empezaron a aplicar en el entorno empresarial las tecnologías desarrolladas durante la guerra, como fue la investigación de operaciones, y a desarrollar otros enfoques metodológicos como la **dinámica de sistemas**.³²

Como se ilustra en la Figura 12, es un término que proviene del campo militar, relacionado con la adquisición y suministro de los equipos y materiales que se requieren para cumplir una misión: la satisfacción del cliente (Mora García, 2010), para lo cual se requiere el control de la producción y los inventarios; así, empiezan a presentarse iniciativas entre las empresas para la mejora de estas actividades, tal como la Asociación Americana para el Control de Producción e Inventario, que originalmente, en 1957, se conformó por 20 gerentes de la producción de diversas empresas estadounidenses, pero que luego se convirtió en una asociación internacional conocida como APICS (por sus siglas en inglés).

Figura 12. Evolución del concepto de “logística a gestión de cadena de suministro”



Fuente: Elaboración propia con información de Mora García (2010); Mancheno Saá, Gamboa Salinas, Villalba Miranda, & Hurtado Yugcha (2018); Pinheiro de Lima, Breval Santiago, Rodríguez Taboada, & Follmann (2017), y Sánchez Suárez, Pérez Castañeira, Sangroni Laguardia, Cruz Blanco, & Medina Nogueir (2021).

³² Disciplina fundada por los trabajos de Jay Forrester, ingeniero informático estadounidense (1918-2016), quien propone la utilización de computadoras para la simulación de sistemas del mundo real, a través de la formulación de modelos fácilmente traducibles a programas informáticos, mediante los cuales el modelo es puesto a prueba, y de esta manera, predecir el comportamiento de sistemas tan complejos como las sociedades. Específicamente en la industria, la aplicación de su propuesta simulaba las interacciones entre los flujos de información, materiales, mano de obra y equipos, buscando minimizar los costos de producción de las empresas, y optimizar los canales de distribución de los bienes generados hacia los clientes.

En la década de 1950, los avances en tecnología lograron que las empresas pudiesen fabricar productos con rapidez y venderlos con regularidad, pero se presentaron dificultades para entregarlos a tiempo y de manera eficiente. Por ello, para la década de 1960, el énfasis de la logística fue la distribución física de los productos, dando prioridad al desarrollo de los medios de transporte, especialmente el ferrocarril en Europa y el transporte terrestre en Norteamérica. En este periodo (1963) se funda en Estados Unidos la primera institución dedicada al estudio, desarrollo y difusión de logística: el Consejo Nacional para la Administración de la Distribución Física (NCPDM, por sus siglas en inglés), asociando aún más el concepto con el transporte (Mancheno Saá, Gamboa Salinas, Villalba Miranda, & Hurtado Yugcha, 2018).

Las prácticas de gestión utilizadas en la década de 1960, se basaban en los modelos tradicionales para productos de **demanda independiente** como **punto de pedido** y **lote económico de compra**; pero con la aparición de las primeras grandes computadoras, se inició una nueva era que tuvo un gran impacto en el área de logística de fabricación: la gestión de inventarios y planificación de la producción. En este contexto surgen los primeros sistemas orientados a la gestión de **demanda dependiente**, es decir, de aquellos productos que para estimar los materiales que se ocupan para su producción, se requiere hacer una descomposición de sus componentes; estos primeros intentos se denominan gestores de listas de materiales (**BOM**, por sus siglas en inglés) (Andonegi Martínez, Casadesús Fa, & Zamanillo Elguezabal, 2005).

Por otro lado, hasta ese momento la filosofía de gestión mundial de las empresas consideraba que los recursos energéticos en el mundo eran baratos e ilimitados, teniendo empresas con tasas de crecimiento siempre positivas debido a las ventas que obtenían por la amplia demanda de sus productos en el mercado. Sin embargo, durante la década de 1970 se presentó una crisis energética caracterizada por el aumento del precio del petróleo, la reducción de suministro de derivados de este producto y un aumento en el costo de transporte, y en general una escasez de materias primas, por lo que las empresas tuvieron que establecer estrategias que ayudaran hacer frente a esta recesión económica. Esta crisis fue muy importante para el desarrollo de la logística, puesto que obligó a que se mejorara el transporte y almacenamiento de los productos, haciendo énfasis en la administración de materiales, debido a la incertidumbre que se tenía respecto a su obtención (Mora García, 2010).

Esto cambió en la década de 1980, donde el concepto de distribución física se fusionó con la gestión de materiales y se enfatizó en el flujo no sólo de bienes, sino de información. Esto gracias a la tecnología disponible en ese momento, la cual permitía el intercambio de información, así como la coordinación e integración del sistema logístico, buscando mejorar productividad de las empresas con la coordinación de la distribución, manufactura y abastecimiento. Así pues, aun con periodos de recesión, hubo crecimiento económico en esta década, y se inicia la preocupación por el servicio al cliente, al notar que el tiempo de respuesta podía mejorar la rentabilidad de la empresa al planear correctamente operaciones de distribución. Por ello se buscó coordinar la distribución, la manufactura y el abastecimiento de materiales, utilizando sistemas para la **planeación de requerimientos de materiales**³³ (**MRP**, por sus siglas en inglés).

Este primer sistema MRP I se construía alrededor del BOM y su validez dependía de la exactitud de éste, que calcula los materiales que se necesitaban para producir los bienes demandados, los comparaba con los materiales que se tenían disponibles en la empresa, y calculaba cuánto y cuándo se necesitaban. Sin embargo, aún tenía como limitaciones que, para realizar estos cálculos, las órdenes de compra se planificaban sin disponer de tiempos de sobra, lo que implicaba que

³³ Sistema de planificación, normalmente asociado con un software, asociado a los inventarios de una empresa, cuyo propósito es asegurar que se tengan los materiales requeridos en el momento oportuno para cumplir con las demandas de los clientes.

cualquier retraso en la entrega del material causara inevitablemente un retraso en la entrega al cliente, y para evitarlo se definían tiempos de entrega holgados, pero con esto no se minimizaba el *stock* de materiales. Por ello el sistema evoluciona a lo que se conoció como MRP a ciclo cerrado, donde se calculaba si se disponía suficiente capacidad para realizar la tarea planificada, haciendo una comparación entre la carga de trabajo, por máquina o por centro de trabajo, propuesta para un periodo, y la capacidad productiva de los recursos involucrados en los procesos; con lo cual fue posible prever excesos de trabajo y adelantar la cantidad de pedidos. Adicionalmente, el sistema evolucionó a otro llamado MRP II (que aunque son las mismas siglas, las palabras que representan no son *Material Requirement Planning* como sus antecesoras, sino *Manufacturing Resource Planning*), donde no sólo se integraban compras con la fabricación, sino que se consideraba la información financiera, ya que toda compra implica una deuda pendiente con el proveedor (si es a crédito), además del costo de las horas de trabajo empleadas en la producción y en la administración de los almacenes, por lo que todo movimiento implica cambios en la contabilidad de la empresa (Andonegi Martínez, Casadesús Fa, & Zamanillo Elguezabal, 2005).

En esta década también hubo un cambio en el NCPDM, el cual en 1985 evoluciona y cambia de nombre a Consejo de Gerencia Logística (Council of Logistics Management, CLM), que define a la logística como el proceso de planificar, llevar a cabo y controlar eficientemente el flujo de bienes, servicios e información, desde el origen al punto de consumo (Mancheno Saá, Gamboa Salinas, Villalba Miranda, & Hurtado Yugcha, 2018).

Asimismo, en este año Michael Porter propone un modelo de apoyo para analizar las actividades que realiza una empresa, llamado **cadena de valor**, en la cual establece que en toda organización industrial existen dos actividades clave relacionadas con la logística: a) la **logística interna**, que abarca todas las actividades asociadas a la recepción, almacenamiento, control de inventarios o pagos a proveedores, y similares; y b) la **logística externa**, que comprende todas las actividades relacionadas con la cobranza y la distribución física del producto a los compradores o con los vehículos de entrega (Porter, 2005).

Para la década de 1990, los avances en la conectividad humana (transporte y telecomunicaciones) y la masificación de las tecnologías de información y comunicación (TIC), así como el Internet contribuyen en la explosión de la **globalización**,³⁴ donde para ser competitivos ya no es suficiente que las organizaciones sólo importen sus recursos o exporten sus productos, sino que exige trasladar sus operaciones a los países con costos más bajos, lo cual implica el conocimiento de leyes, culturas, niveles de desarrollo económico y aspiraciones de cada país para que la **logística internacional**³⁵ pueda efectuarse.

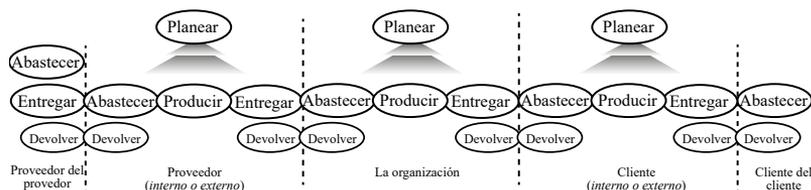
En este contexto, en 1990 los académicos popularizan el término **gestión de la cadena de suministro** (SCM, por sus siglas en inglés), que fue acuñado por primera vez en 1982 por el consultor Keith Oliver. Este concepto implica la integración de todas las funciones de la organización, no solamente dentro de los límites físicos de la empresa, sino también involucrar a proveedores y clientes, con los cuales se deben establecer vínculos que resulten en su satisfacción, al mínimo costo.

³⁴ Proceso económico, tecnológico, político, social y cultural, a escala mundial, que consiste en la creciente comunicación e interdependencia entre los distintos países del mundo.

³⁵ Proceso por medio del cual el comercio internacional de mercancías es llevado al mundo real en el sentido operacional. Su esencia es el traslado de bienes con el uso de los medios de transporte más apropiados (ferrocarriles, barcos, camiones o aviones), despachándolos a través de las fronteras, atendiendo las revisiones aduanales de cada país. Incluye además otra serie de actividades como el financiamiento comercial, seguros, control de exportaciones, acuerdos comerciales y otras relacionadas a la atención de la diversidad cultural.

En 1996 se establece el Consejo de Cadena de Suministro (Supply Chain Council [SCC]),³⁶ iniciativa propuesta por un par de empresas consultoras, donde se integran más de 800 empresas americanas para definir un lenguaje común al describir y modelar las cadenas de suministro. Éstos diseñan un modelo llamado *Supply Chain Operations Reference Model (SCOR model)*, el cual identifica seis procesos involucrados en una **cadena de suministro**, desde el proveedor del proveedor hasta el cliente del cliente (ver Figura 13).

Figura 13. La cadena de suministro según el modelo SCOR



Fuente: Supply Chain Council citado por Arellano González, Carballo Mendivil y Ríos Vázquez (2017).

Asimismo, los avances en las TIC permiten la evolución del MRP a **sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP)**,³⁷ por sus siglas en inglés), que es un sistema integral que permite la unificación y organización de todas las áreas empresariales, y la trazabilidad de todos los procesos, como apoyo a su planificación y optimización de los recursos. Posteriormente, los desarrollos tecnológicos han permitido la creación de *software* especializado en cadenas de suministro (SCMS), que permiten ejecutar sus transacciones, administrar las relaciones con los proveedores y controlar los procesos empresariales asociados, incluyendo, por ejemplo: procesamiento de requisitos del cliente, atención a órdenes de compra emitidas por el cliente, elaboración de pronósticos, administración de ventas y distribución al comprador, gestión de inventarios, gestión de proveedores, recepción de mercancías y gestión de almacenes, entre otros.

En el inicio del nuevo milenio, sin lugar a dudas la gestión de la cadena de suministro se considera un facilitador de la estrategia, puesto que une varios eslabones de carácter logístico que integran la empresa: pronóstico de la demanda, planeación de ventas y operaciones, así como el resto de las operaciones que permiten cumplir con los compromisos con clientes. El cambio del concepto de logística a cadena de suministro se formaliza cuando en 2005 el CLM cambia su nombre a Council Of Supply Chain Management Professionals (CSCMP, s.f.). Asimismo, en 2014 la APICS se fusiona con el SCC, y en 2018 cambia su nombre a Association For Supply Chain Management (ASCM).

En la actualidad, se define a la logística como la parte de la gestión de la cadena de suministro que planea, implementa y controla el flujo y almacenamiento eficiente y efectivo de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes. Por su parte, la **gestión de la cadena de suministro** abarca la planificación y administración del aprovisionamiento y las compras, la conversión y todas las actividades de gestión logística. Incluye la coordinación y colaboración con socios de canal, que pueden ser proveedores, intermediarios, proveedores de

³⁶ El Supply-Chain Council (SCC) se fusionó con APICS el 5 de agosto de 2014.

³⁷ Los sistemas ERP típicamente manejan la producción, logística, distribución, inventario, envíos, facturas y contabilidad de la compañía, aunque pudieran incluir otras actividades del negocio como ventas, entregas, pagos, producción, administración de inventarios, calidad de administración y la administración de recursos humanos. Algunos de estos sistemas son comercializados por empresas como SAP u Oracle.

servicios externos y clientes. En esencia, integra la gestión de la oferta y la demanda dentro de las empresas y entre ellas (CSCMP, s.f.).

Cabe mencionar que, después de la pandemia por COVID-19 aparecieron nuevas exigencias que deben ser consideradas para enfrentar los **riesgos** que se pudieran presentar en los sistemas logísticos y las cadenas de suministro. Esto implica afrontar nuevos retos y abre algunas líneas de investigación que permitan generar estrategias para atender con ingeniería renovada las situaciones actuales y la gestión de inventarios, y así evitar agotamiento de recursos y las compras de caos que se vieron durante esta pandemia (Sánchez Suárez, Pérez Castañeira, Sangroni Laguardia, Cruz Blanco, & Medina Nogueir, 2021).

4. 2. Procesos de la cadena de suministro

Como ya se mencionó, el modelo SCOR se estableció para estandarizar mejores prácticas en las empresas, respecto a los procesos involucrados en una cadena de suministro. Procesos que se describen a continuación:

- **Plan:** Permite configurar la cadena de suministro, administrar la capacidad a largo plazo y realizar la planeación de recursos, realizando actividades como la planeación del abastecimiento, producción y distribución, así como la administración de los inventarios y la infraestructura (instalaciones) para cumplir con los requerimientos del cliente.
- **Source:** Conecta la organización con sus proveedores, realizando actividades que permitan: a) la adquisición de materiales, desde la emisión de órdenes de compra, recepción, inspección y almacenamiento de materias primas, así como su distribución hacia los procesos de producción, incluyendo su transporte (manejo de tráfico y cargas de embarques); y b) la gestión de proveedores, que involucra el conocimiento de las políticas de compra, administración de contratos, así como la búsqueda del desarrollo y certificación del proveedor a través de mecanismos de evaluación para asegurar un abastecimiento de calidad.
- **Make:** Como apoyo a la transformación de la materia prima en los productos terminados, en este proceso se incluyen actividades de programación de la producción, pedidos y recepción de materiales, la administración de los inventarios de producto en proceso (WIP, por sus siglas en inglés), así como el transporte y liberación de producto final que sale de las instalaciones productivas.
- **Deliver:** Conecta a la organización con sus clientes, e incluye actividades clasificadas en dos categorías: a) administración de inventarios y almacenamiento de producto terminado, selección, empaque y embalaje, configuración de pedidos, embarque y el manejo de las políticas de los canales de distribución, incluyendo la administración de los medios de transporte; y b) la administración de órdenes y generación de citas, creación y mantenimiento de bases de datos de clientes y producto/precio, manejo de cuentas, créditos, cobranza y facturación.
- **Return:** Implica el manejo de las devoluciones de la materia prima al proveedor, así como la recepción y disposición de un producto devuelto por el cliente; incluye actividades relacionadas con la comunicación con clientes/proveedores, así como la generación de la documentación y transferencia de producto, pero sin incluir las actividades que resultan de dicha transferencia, como el almacenamiento, reparación o desecho.

Más adelante se explican conceptos, técnicas y herramientas de apoyo para la realización de algunas de las actividades que se ejecutan en los procesos de la cadena de suministro y conceptos asociados que es importante entender.

4. 3. Sistemas de planeación de productos con demanda dependiente

Como ya se ha explicado en capítulos anteriores, existen muchas razones por las cuales se debe planear en las organizaciones, pero en términos generales se relacionan con lograr su satisfacción al entregarle una propuesta de valor con un alto **nivel de servicio** y bajos costos. Específicamente, en el caso de la planeación a este nivel operativo, se generan los costos más altos en las empresas, que son los inventarios.

El **inventario** lo componen los bienes y demás cosas valorables que pertenecen a una organización, y se debe visualizar como montones de dinero guardados en estantes y anaqueles, así como en camiones y aviones mientras se encuentra en tránsito, ya que en muchos negocios, como en los comercios, es el activo más importante en el balance general que le reduce **liquidez**.³⁸ Por ello, uno de los objetivos operativos más importantes en una organización es mantener reducido el inventario a la máxima expresión posible.

Sin embargo, en muchas ocasiones es imposible reducir a cero los inventarios, sobre todo en empresas cuya posición en la cadena de suministro esté alejada del consumidor final. Por ejemplo, los inventarios en los comercios al menudeo tienen una gran importancia para el negocio, ya que en estas empresas el consumidor toma los productos del estante y los fabricantes nunca ven su pedido; en este caso, los inventarios actúan como un amortiguador para compensar esta separación del cliente del proceso de manufactura, y se convierte en una decisión estratégica que, además de afectar en gran medida la inversión de la empresa, determina los tiempos de espera de clientes y afecta en gran medida en su satisfacción.

Así pues, estos activos contribuyen en gran medida a la satisfacción del cliente, ya que gracias a ellos puede ser posible cumplir con las promesas de entrega realizadas, evitando el **desabasto**, cuyas causas pueden ser variadas e incluyen la inexistencia de programas de compras y el nulo o erróneo análisis de la demanda (Castell Bermudez *et al.*, 2020). Por ello, cuando se habla de sistemas de planeación de la cadena de suministro, primeramente se debe hablar sobre el tema de **administración de la demanda**, cuyo propósito es coordinar y controlar todas las fuentes de la **demand**, que puede ser de dos tipos: dependiente e independiente.

La **demand dependiente** es la que se presenta a un bien o servicio, detonada por la demanda de otros bienes o servicios, generalmente en los que se integran; caso contrario, la **demand independiente** es la que presentan los productos que no se derivan directo de la demanda de otros productos. Por ejemplo, en una empresa que compra y vende triciclos, a la demanda que presentan sus productos se le considera independiente, pero si la empresa produce estos triciclos, y al realizar un **pronóstico**³⁹ estima que podrá vender 1 000 unidades, esta cantidad detona la demanda de los materiales que deberá comprar para poder producir, en este caso, 1 000 ruedas delanteras y 2 000 traseras, además de la estructura y el resto de los accesorios. Este tipo de demanda interna es la

³⁸ Es la capacidad que tiene una organización para hacer frente a sus obligaciones financieras, o un bien de ser fácilmente transformado en dinero efectivo.

³⁹ El pronóstico es la predicción de la evolución de un proceso o hecho futuro a partir de criterios lógicos o científicos. Específicamente, el pronóstico de la demanda de un producto es la estimación que se realiza aplicando técnicas cualitativas (investigación de mercado, grupo de consenso y analogías) y cuantitativas (análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación) para estimar a demanda de productos que no puede derivarse directamente de la demanda de otros productos.

que se llama dependiente, ya que se deriva de la estimación de ventas del producto final, y dado que es interna, no requiere de un pronóstico para su determinación, sino simplemente explotar la **lista de materiales** en una tabulación (Chase & Jacobs, 2014). Esto mismo aplica, por ejemplo, a los productos elaborados en las maquiladoras de primera generación, donde no se requiere elaborar pronóstico de demanda, sino que simplemente se debe producir lo que se establece en el contrato con el cliente, por lo que también se consideran productos de demanda dependiente.

Dentro de los modelos de gestión de inventarios de demanda independiente, se encuentran los llamados: *cantidad económica de pedido* (EOQ; por sus siglas en inglés), *cantidad de pedido de producción y descuento por volumen*, los cuales son válidos cuando se tratan demandas ciertas o conocidas, pero cuando las demandas son inciertas se debe recurrir a otros modelos probabilísticos o de simulación. Por el contrario, cuando se trata de ítems de demanda dependiente, o sea, sujetos a las necesidades de otros artículos almacenados, surge la necesidad de aplicar modelos más complejos, como el sistema de **planificación de requerimientos de materiales (MRP**, por sus siglas en inglés) y el Kanban. El sistema MRP se desarrolla dentro de los sistemas de empuje, mientras que el Kanban actúa por arrastre y es el método típico del sistema de producción “justo a tiempo” (Bustos Flores & Chacón Parra, 2007).

La diferencia entre estos dos enfoques es que la meta fundamental que hay que alcanzar cuando se tiene demanda dependiente, es la de disponer del *stock* necesario justo en el momento que va a ser utilizado, por lo que el énfasis se pone en el CUÁNDO pedir, mientras que el énfasis cuando se tiene demanda independiente es el CUÁNTO, haciendo que el objetivo básico en esta gestión de inventarios clásica de productos de estas características sea vigilar los niveles de stocks.

En este apartado sólo se abordarán los escenarios donde se debe estimar la demanda interna de materiales al explotar los materiales que se requieren para atender la demanda de otros productos, como en el caso de las maquiladoras de primera generación, utilizando para ello la lógica del MRP, que parte de un **plan agregado** donde se definen las cantidades a producir por mes considerando la capacidad productiva, que luego se detalla por semanas en un **programa maestro de producción** que especifica cuánto y cuándo piensa crear la empresa cada pieza final (Domínguez-Machuca, García-González, Domínguez-Machuca, Ruiz-Jiménez, & Álvarez-Gil, 1995).

Un MRP permite determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para fabricar un producto, además de proporcionar un programa que especifica cuándo se debe pedir o producir cada material, pieza y componente para cumplir con un pronóstico de demanda o pedidos estipulados en el contrato con el cliente, considerando el tiempo que tarda en proveedor en surtir (*lead time*) los pedidos que ya se tienen programados para recibir, así como las existencias que se tienen en ese momento disponibles en inventario. Además, este MRP se debe realizar para cada uno de los materiales de un producto. Por ejemplo, para elaborar galletas se requiere harina de trigo, mantequilla, huevos, entre otros fundamentales y opcionales; por lo que deberá hacer un MRP de harina (ver Figura 14), otro para la mantequilla y uno más para los huevos. En este caso, el MRP del ítem “Harina de trigo”, que es un artículo fundamental para el proceso, y cuyo proveedor entrega inmediatamente, determinó como resultado el lanzamiento de órdenes de la siguiente manera: en la primera se requieren sólo 50 unidades porque, aunque las necesidades brutas establecidas en el contrato o pronóstico es de 100, se tiene programada la recepción de 30 piezas que ya fueron requeridas en respuesta a un plan anterior (que no se observa en este MRP), además de que ya se tienen 20 disponibles en inventario, entonces, como $100 - 30 - 20 = 50$, las necesidades netas sólo es una cantidad de 50, misma que se transformará en una orden de compra. Por su parte, en el segundo periodo se requiere comprar las 105 unidades que se necesitan, ya que no hay recepciones programadas y el inventario ya se ha agotado; en el tercero, las necesidades brutas son 100 piezas, pero ya se han programado 35, así que sólo se lanza la orden

de compra de 65 ($100 - 35 = 65$), y por último, en el cuarto periodo se requieren 105 porque no hay recepciones programadas ni inventario.

Figura 14. *Ejemplo de MRP para un material fundamental requerido en la elaboración de galletas*

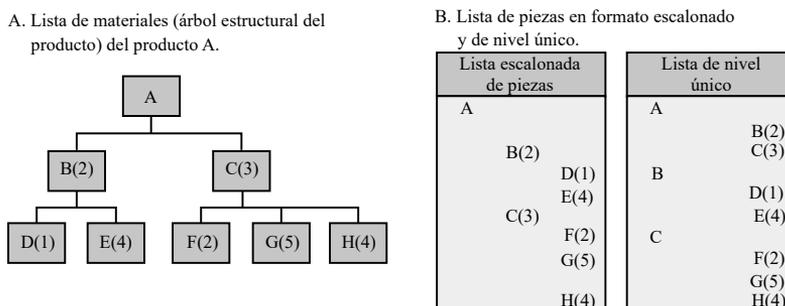
MRP del ítem "Harina de

Artículos	Familia de productos	Lead Time	Lote	Inventario Disponible	Conceptos	Periodo de tiempo			
						1	2	3	4
Harina de trigo	Fundamental	0	LFL	20	Necesidades brutas	100	105	100	105
					Recepciones programadas	30	0	35	0
					Disponibles	0	0	0	0
					Necesidades netas	50	105	65	105
					Recepción de orden	50	105	65	105
Lanzamiento de orden	50	105	65	105					

Fuente: Capristan Saldaña & Luna Victoria Amasifen (2022).

Además del programa maestro y el archivo con los registros de inventarios, el tercer elemento crítico requerido para elaborar un programa de MRP es la lista de materiales o BOM, que también se le conoce como archivo de estructura del producto o árbol del producto (Chase & Jacobs, 2014). Esta lista permite conocer cuáles son los materiales se necesitan, en qué cantidades y cómo se arma el producto final, ya que contiene su descripción completa, listado de materiales, piezas y componentes, así como la secuencia en que se crea un producto (ver ejemplo en la Figura 15).

Figura 15. *Ejemplo de una lista de materiales (BOM)*



Fuente: Chase & Jacobs (2014).

Como se observa en el ejemplo de la Figura 15, el BOM del producto A indica que se requieren dos componentes para su ensamblado: dos piezas de B y tres de C. Por su parte, la pieza B consiste en una unidad de la pieza D y cuatro unidades de la pieza E. La pieza C se fabrica con dos unidades de la pieza F, cinco unidades de la pieza G y cuatro unidades de la pieza H.

Este esquema ilustrado, que también puede hacerse en formato tabla siguiendo la misma estructura escalonada, permite identificar claramente cómo se conforma el producto. Sin embargo, desde el punto de vista tabular, esto no resulta práctico para calcular el volumen necesario de cada pieza de los niveles inferiores en una computadora, por lo que se sugiere almacenar los datos de las piezas que componen cada ensamble en listas de nivel único, colocando cada componente en una columna, y las partes que la componen en otra, tal como se muestra en la tabla de la derecha de la imagen.

ACTIVIDAD:

Considerando la receta proporcionada, identifique los requerimientos de materiales que debe abastecer para poder ejecutar la producción.

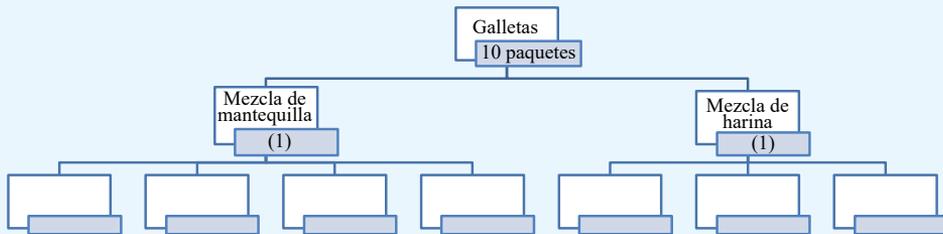
A partir de los materiales que se requieren para preparar las galletas (ingredientes de la receta), determine la cantidad requerida de cada material para elaborar galletas a partir de 1 kg de harina.

* Se estima que con 1 kg de harina se pueden obtener 10 paquetes de 10 galletas.

NOTA: Considere las siguientes equivalencias para las conversiones:

Material	Equivalencia
mantequilla	1 cucharada de mantequilla son aproximadamente 14 gr 1 taza de mantequilla = 225 gr *Normalmente una barra de mantequilla (75 x 50 x 35 mm) pesa: 125 gr
vainilla	1 cucharadita equivale a 5 ml
azúcar	1 taza de azúcar blanco/moreno = 230 gr 1 taza de azúcar glasé = 150 gr
harina	1 taza de Harina de trigo todo uso = 120 gr 1 taza de Harina de repostería (harina mucho más fina y suelta) = 100 gr 1 taza de Harina de trigo panificable = 128 gr 1 taza de Harina integral = 120 gr
sal	1 cucharadita de sal refinada equivale a 5 gramos 1 cucharadita de sal gruesa o marina equivale a 3 gr
polvo para hornear	1 cucharadita de polvo de hornear tipo Royal equivale a 5-5.5 gr

Estructure la lista de materiales, primero en forma gráfica, considerando la siguiente plantilla:



Luego, estructure el BOM de materiales en la siguiente tabla, indicando además la cantidad que tiene disponible actualmente en inventario y el tiempo que tardaría el proveedor en surtirlo (*lead time* en semanas):

NOTAS:

- Si ya se cuenta con el material en casa, y puede destinarse para este proceso, puede considerarlo como inventario disponible.
- Para simplificar, el ejercicio no se considera como parte de los materiales referidos al empaque, aunque deberían ser parte de este BOM.
- Además, considere como *lead time* igual a cero para todos los proveedores, es decir, puede obtener el material requerido inmediatamente sin espera.

Parte	Material	Cantidad requerida para una unidad*	Disponible en Inventario	Lead time (semana)

*La unidad se refiere a un paquete de galletas.

Elabore su plan de requerimientos de todos los materiales requeridos en un periodo, considerando los siguientes aspectos:

Las necesidades brutas se establecen en función al pedido del cliente, quien solicita 10 paquetes de 10 galletas, que se espera sean obtenidos a partir de un kg de harina, con las características establecidas respecto al tamaño (diámetro y grosor)

Pudiera considerarse como recepciones programadas si en ese momento en casa ya se tiene contemplada la compra de algún material.

En el siguiente formato sólo se representa el plan para el primer periodo, aunque un MRP tiene horizonte de planeación de un año.

Por ejemplo, el MRP para el producto nivel 0 (galletas) sería el siguiente:

Material	Concepto	1	2	n
Galletas	Necesidades brutas	1*	--	--
	Recepciones programadas	0	--	--
	Disponible en inventario	0	--	--
	Necesidades netas	1	--	--
	Lanzamiento de orden	1	--	--

El requerimiento del cliente indica que se elaboren galletas siguiendo una receta en específico, utilizando 1kg de harina (sin indicar el número de galletas).

Material	Concepto	1	2	n
Mantequilla	Necesidades brutas		-	-
	Recepciones programadas		-	-
	Disponible en inventario		-	-
	Necesidades netas		-	-
	Lanzamiento de orden		-	-

Material	Concepto	1	2	n
Harina	Necesidades brutas		-	-
	Recepciones programadas		-	-
	Disponible en inventario		-	-
	Necesidades netas		-	-
	Lanzamiento de orden		-	-

Material	Concepto	1	2	n
Azúcar	Necesidades brutas		-	-
	Recepciones programadas		-	-
	Disponible en inventario		-	-
	Necesidades netas		-	-
	Lanzamiento de orden		-	-

Material	Concepto	1	2	n
Sal	Necesidades brutas		-	-
	Recepciones programadas		-	-
	Disponible en inventario		-	-
	Necesidades netas		-	-
	Lanzamiento de orden		-	-

Material	Concepto	1	2	n
Vainilla	Necesidades brutas		-	-
	Recepciones programadas		-	-
	Disponible en inventario		-	-
	Necesidades netas		-	-
	Lanzamiento de orden		-	-

Material	Concepto	1	2	n
Polvo para hornear	Necesidades brutas		-	-
	Recepciones programadas		-	-
	Disponible en inventario		-	-
	Necesidades netas		-	-
	Lanzamiento de orden		-	-

Material	Concepto	1	2	n
Huevos	Necesidades brutas		-	-
	Recepciones programadas		-	-
	Disponible en inventario		-	-
	Necesidades netas		-	-
	Lanzamiento de orden		-	-

4. 4. Proceso de evaluación y selección de proveedores

Toda empresa debe decidir acerca del número de proveedores que tendrá para un producto en particular. Deben identificar entonces los criterios conforme a los cuales se evaluará a los proveedores y cómo se seleccionarán. Para el proceso de selección, deben decidir si negociarán directamente

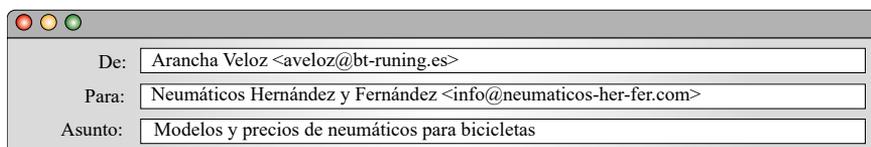
(adjudicación) o recurrirán a una **licitación**.⁴⁰ En el primer caso, el proceso que debe seguir la empresa para seleccionar proveedores puede ser el siguiente:

Paso 1. Identificación de proveedores potenciales. La selección de los proveedores se inicia con un proceso de búsqueda de información sobre lo que éstos ofrecen en diferentes medios, como anuncios publicados por las empresas, publicaciones especializadas, ferias y exposiciones de productos, asociaciones empresariales (CANACO, CANACINTRA, CANIRAC, etc.) y profesionales, bases de datos privados o públicos, como el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI, Plataformas *Business to Business* (B2B) como mx.kompass.com, redes sociales como LinkedIn, entre otros.

Paso 2. Recopilación de información sobre proveedores potenciales. Una vez que se identifican los posibles proveedores, se debe determinar qué información se requiere conocer de ellos para poder tomar la decisión sobre su elección o no; esta información puede incluir condiciones económicas (precio unitario, descuentos comerciales o por volumen de compra, forma y plazo de pago, renta de envases o pago por envío, seguro, recargos por aplazamiento de pago o descuentos por pronto pago, etc.), condiciones referidas a la calidad del producto (materiales utilizados, características técnicas, plazo de entrega), servicio posventa que pudieran ofrecer (periodo de garantía, manera de atención al cliente, forma de devolución de productos, etcétera).

Asimismo, se debe determinar cómo se hará la recolección de dicha información; por ejemplo, se puede solicitar por correo electrónico (ver ejemplo en la Figura 16) o enviar a un representante a visitar la empresa a hablar personalmente con sus representantes.

Figura 16. *Ejemplo de carta de solicitud de información a potencial proveedor enviada por correo electrónico*



Estimados Sres:

Somos una empresa de nueva creación que se dedica a la venta y reparación de todo tipo de bicicletas.

Tenemos conocimiento de que Uds. se están especializando en la fabricación de neumáticos para bicicletas, por lo que estaríamos interesados en conocer toda la gama que ofrecen.

Les rogaríamos que nos envíen un catálogo con la especificaciones técnicas y económicas de dichos artículos.

En concreto, estaríamos muy agradecidos si nos hacen llegar las siguientes especificaciones:

- Precio
- Descuento comercial
- Forma de pago
- Gastos supletorios
- Plazo de entrega
- Servicio posventa
- Garantía
- Plazo de devoluciones
- Recargos

Esperando poder contarles entre nuestros proveedores, reciban un cordial saludo.
Arancha Veloz

Fuente: Gómez Aparicio (2013).

⁴⁰ Es un proceso mediante el cual una organización da a conocer públicamente una necesidad, solicita a proveedores ofertas que la satisfagan, evalúa estas ofertas y selecciona una de ellas. También se le puede llamar concurso público.

Con la información recopilada, se pudiera realizar una ficha de cada proveedor para formar un fichero de proveedor que resuma las condiciones comerciales que ofrecen los diferentes proveedores investigados, así como un cuadro comparativo que permita contrastar sus semejanzas y diferencias.

Paso 4. Definición de los criterios de evaluación. Una vez que se ha organizado la información de los proveedores, y se ha hecho una comparación entre las diferentes alternativas, es momento de iniciar el proceso formal de evaluación. La **evaluación** es el proceso de determinar el valor o mérito del objeto evaluado, que se obtiene para tomar decisiones a partir de la información derivada de él que lleve a su mejora (Guerra López, 2007). En este caso, el objeto de estudio son las alternativas de proveedores y las decisiones a tomar se refieren a la selección de la mejor alternativa (la que obtenga mejor valor o mérito) para realizar la compra.

Según la revisión de literatura, son notorias y abundantes las contribuciones existentes en materia de métodos de selección y evaluación (Sarache Castro, Castrillón Gómez, & Ortiz Franco, 2009), cuyo proceso consiste en tres principales etapas: a) determinación de los atributos por evaluar, b) evaluación de los proveedores mediante una técnica, y c) selección final de un proveedor (García Alcaraz, Alvarado Iniesta, & Maldonado Macías, 2013). Entonces, primero se debe definir la forma en que se determinará ese valor o mérito en cada proveedor, y para esto se elabora una lista de los criterios de desempeño que habrán de aplicarse. Por ejemplo, en una empresa que ofrece servicios de comida, es probable que la entrega a tiempo y la calidad sean los dos criterios más importantes a considerar para seleccionar a sus proveedores, porque reflejan los requisitos que las cadenas de suministro de los servicios de comidas tendrán que satisfacer (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

En términos generales, los tres criterios usados con mayor frecuencia son: a) *precio*, debido a que las compañías gastan un porcentaje considerable de su ingreso total en la compra de artículos, deben encontrar proveedores que ofrezcan precios bajos, además de descuentos y promociones, pago o no de flete, y plazos para pagar; b) *calidad*, ya sea si los artículos son sometidos a revisión de características técnicas, análisis de muestras, o sólo se mide la imagen que el producto o proveedor tengan en el mercado, porque los costos ocultos de la mala calidad pueden ser altos, especialmente si los defectos se descubren después de haber agregado a esos materiales un valor considerable mediante operaciones subsiguientes, lo que puede significar pérdida de la preferencia de los clientes y, por ende, de ventas futuras; y c) *entrega puntual*, u otra característica que permita la simplicidad en sus procesos de compra, como localización geográfica y existencia de instalaciones para la atención al cliente, ya que los tiempos de espera cortos y la entrega a tiempo ayudan a la empresa compradora a mantener un buen nivel de servicio para sus clientes, con un volumen menor de inventario. Sin embargo, hay un cuarto criterio que está adquiriendo mucha importancia en la selección de los proveedores: el impacto ambiental, por lo que se está buscando que los proveedores sean conscientes del medio ambiente cuando diseñan y fabrican sus productos, e incluyan características como ecológico, biodegradable, natural y reciclado (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

Así, partiendo de estas categorías generales, se pueden definir diferentes criterios de evaluación, apropiados a la industria que se trate; por ejemplo: costo del servicio, capacidad de tecnología de información/sistemas de información, envíos y entregas a tiempo, estabilidad financiera, flexibilidad y capacidad de respuesta, nivel de calidad y eficiencia, nivel de servicio al cliente, experiencia en la industria, integración de la información y ubicación geográfica (Granillo Macías & González Hernández, 2021). Y dado que no todos ellos tendrán la misma importancia, se

deberá establecer una ponderación que los distinga. Ver ejemplo del resultado de la definición de criterios en la Tabla 2.

Tabla 2. *Ejemplo de criterios de evaluación de proveedores definidos en una microempresa*

Criterio de evaluación	Descripción	Sentido	Ponderación (total= 100%)	Escala original	Escala comparable
Precio	Valor del producto al momento de la compra (con o sin descuento).	Valores mínimos deseados	70	Expresado en unidades monetarias	4 = Nivel más bajo 3 = Nivel medio bajo 2 = Nivel medio alto 1 = Nivel más alto
Calidad	Cualidad subjetiva por medirse con la percepción del usuario o conocedor de la marca (imagen de la marca).	Valores altos deseados	10	Excelente, bueno, regular, malo	4 = Excelente 3 = Bueno 2 = Regular 1 = Malo
Entrega puntual	Mide la distancia entre la empresa y el proveedor (ubicación geográfica) o el tiempo que le tomaría la adquisición <i>in situ</i> .	Valores mínimos deseados	20	Expresado en unidades de distancia (metros, kilómetros) o tiempo (minutos)	4 = Nivel más bajo 3 = Nivel medio bajo 2 = Nivel medio alto 1 = Nivel más alto

Fuente: Elaboración propia a partir de Krajewski, Ritzman, & Malhotra (2008).

Como se observa en el ejemplo de la Tabla 2, la definición de los criterios de evaluación es el punto de partida para el establecimiento del sistema de puntuación que permitirá cuantificar en una misma escala todos los criterios anteriores, para poder compararlos entre sí. Así, en el caso planteado, con cada uno de los criterios expresados en diferentes unidades, se podría crear la siguiente escala comparable:

- **Precio:** se identifica el precio más alto y el más bajo para calcular un rango, el cual se divide entre el número de niveles que se desee la escala para obtener las clases. Si, por ejemplo, se desea obtener una escala de 4 niveles en un producto cuyo precio menor es \$19.50 y el mayor \$29.00, cada clase sería igual a 2.3 $[(29-19.5)/4]$, por lo que los niveles de la escala quedarían de la siguiente manera: 4 = \$19.5 - \$21.87; 3 = \$21.88 - \$24.25; 2 = \$24.26 - \$26.62; y 1 = \$26.63 - \$29.
- **Calidad:** ya establece una escala de cuatro valores, que podrían codificarse como: excelente = 4; bueno = 3; regular = 2; malo = 1.
- **Entrega puntual:** originalmente medido por la distancia en kilómetros, se podría crear la escala comparable siguiendo la misma lógica que el criterio de precio. Por ejemplo, si la distancia mayor es de 4.8 km, y la menor de 1.4 km, las clases tendrían un valor de 0.85 $[(4.8-1.4)/4]$, y los niveles serían: 4 = 1.4-2.25; 3 = 2.26-3.1, 2 = 3.11-3.95; y 1 = 3.96-4.8.

Paso 5. Realizar la evaluación y selección del mejor proveedor. Una vez homogenizados los valores en una misma escala comparable, y con las ponderaciones de los criterios, ya se puede integrar la matriz de decisión que facilitará la selección del mejor proveedor, basándose en el puntaje promedio. Ver ejemplo en Tabla 3.

Tabla 3. *Ejemplo de matriz de evaluación de proveedores aplicada*

Criterio de evaluación	Ponderación (%)	Proveedor A		Proveedor B		Proveedor C	
		Real	Ponderado	Real	Ponderado	Real	Ponderado
Precio	70	4	2.8	3	2.1	2	1.4
Calidad	10	1	0.1	4	0.4	4	0.4
Entrega puntual	20	1	0.2	3	0.6	4	0.8
	Suma		3.1		3.1		2.6

Fuente: Elaboración propia.

En el ejemplo de la Tabla 3, se observa que en el precio, el proveedor A cae en un nivel 4, que multiplicado por 0.7 permite obtener un valor de 2.8, en calidad su nivel es de 1 que ponderado es 0.1, y la entrega puntual ponderado en 0.2, obteniendo así un total de 3.1, que es el mismo puntaje obtenido por el proveedor B, por lo que en este caso se deberá tomar la decisión por fuera de la matriz, considerando, por ejemplo, que es preferible una mejor calidad al precio; de tal manera que se seleccionará el proveedor B.

ACTIVIDAD:

Realice una valoración de alternativas de proveedores de los materiales requeridos para elaboración del producto definido en actividades anteriores. Considere lo siguiente:

Identifique la oferta de tres proveedores (tiendas donde se puede comprar) que vendan todos, o al menos la mayoría, los insumos requeridos, y realice una investigación en cada una de ellas respecto a opciones de marca disponibles (al menos 3), sus presentaciones y precio (normal y con descuento, si existe), por tipo de producto. Anote estos datos en los recuadros correspondientes de la siguiente tabla (ver ejemplo*).

Material	Presentación	Observaciones	Precio por proveedor (\$)		
			A	B	C
Mantequilla sin sal	Gloria (90 gr)	OFERTA con proveedor B (precio: \$38.50)	29	21.5	21.5
	Gloria (4 pzas. de 90 gr)	OFERTA con proveedor A (precio: \$99.00)	79	N/D	N/D
	Gloria (225 gr)		63.5	N/D	66.5
	Gloria (360 gr)	OFERTA con proveedor B (precio: \$138.90)	74	101.5	N/D
	Gloria (500 gr)	OFERTA con proveedor A (precio: \$140.00)	127	N/D	N/D
	Gloria (1 kg)	OFERTA con proveedor A (precio: \$265.00)	238	N/D	280
	Lala (90 gr)	OFERTA con proveedor A (precio: \$23.00)	19.5	23	N/D
	Lala (4 pzas. de 90 gr)	OFERTA con proveedor A (precio: \$79.50)	75	N/D	N/D
	Lala (225 gr)	OFERTA con proveedor A (precio: \$85.50)	68.5	N/D	N/D
	Lala (360 gr)		79.5	N/D	N/D
	Great value (90 gr)		26	N/D	N/D
	Great value (225 gr)		56	N/D	N/D
	Great value (1 kg)		226	N/D	N/D
	La abuelita (90 gr)	OFERTA con proveedor B (precio: \$32.90)	N/D	23.9	N/D
	Chipilo (90 gr)	OFERTA con proveedor B (precio: \$26.50)	N/D	20.9	N/D
	Lyncott (90 gr)		N/D	N/D	26.5
	Lyncott (225 gr)		N/D	63.5	68.9
	Precissimo (90 gr)		N/D	N/D	19.9
President (200 gr)		99	103.5	98.5	
Alpura (220 gr)	OFERTA con proveedor A (precio: \$58.00)	50	N/D	N/D	
Nochebuena (90 gr)		22.5	N/D	N/D	
Azúcar					
Vainilla					
Huevos					
Harina					
Sal					
Polvo para hornear					

**En este ejemplo se detalla el resultado de la oferta de la mantequilla, que es el material más caro que requiere la producción de galletas de mantequilla, por lo que es muy importante seleccionar aquel que ofrezca un precio menor. En este caso, se hizo la búsqueda de todas las presentaciones disponibles en tres supermercados: Walmart (A), Casa Ley (B) y Soriana (C), y si, por ejemplo, la necesidad indicara que se requiere 630 g. de este producto, la presentación que le conviene a la empresa es 7 barras de 90 g, por lo que la primera opción de compra sería la marca Precissimo del proveedor C, cuyo precio es el menor de todas las alternativas (sin oferta).*

Este mismo análisis se debe hacer para el resto de los productos.

Defina una lista de criterios para evaluar a cada uno de los proveedores identificados, considerando los aspectos que le parezcan más adecuados por el tipo de producto, incluyendo al menos los tres principales criterios: precio (para sólo una presentación del producto comparable entre proveedores, barra de mantequilla de 90 gr, por ejemplo), calidad y entrega puntual. Además, estructure el sistema para transformar la escala de puntuación original en una escala comparable.

Criterio de evaluación	Descripción	Sentido	Ponderación (total = 100%)	Escala original	Escala comparable
Precio					
Calidad					
Entrega puntual					

Estructure la matriz de decisión utilizando los datos recalculados en la escala comparable, a partir de la información que haya recabado de los proveedores, y considerando la ponderación de los criterios, para obtener la siguiente estructura de tabla que permite obtener el promedio de cada proveedor.

Criterio de evaluación	Ponderación (%)	Proveedor A		Proveedor B		Proveedor C	
		Real	Ponderado	Real	Ponderado	Real	Ponderado
Precio							
Calidad							
Entrega puntual							
	Suma						

Seleccionar el mejor proveedor, basado en el puntaje obtenido: el promedio mayor es el mejor proveedor.

Realizar las compras de los materiales necesarios a los proveedores seleccionados, registrando los costos, no sólo de las compras, sino de los materiales que se tenían en inventario (por ejemplo, si ya se contaba con azúcar, deberán colocar el costo actual de este producto dado por el proveedor seleccionado), en el siguiente formato:

Material requerido	Seleccionar con X		Costo
	Comprado	En inventario	
Mantequilla			
Azúcar			
Vainilla			
Huevos			
Harina			
Sal			
Polvo para hornear			
		Suma	

4. 5. Distribución, transporte y almacenamiento

Otro de los eslabones importantes de una cadena de suministro es la distribución de los bienes o servicios, desde la empresa que los elabora hacia el comprador; y en el caso de empresas manufactureras, este proceso de **distribución** regularmente se refiere a desplazar el producto de la fábrica a un almacén, y luego al punto de venta.

Un **almacén** es un lugar especialmente estructurado y planificado para custodiar, proteger y controlar todo tipo de bienes de una empresa; desde materias primas, producto en proceso, pro-

ducto terminado y en tránsito, hasta activos fijos como el mobiliario y equipo. Esta custodia se realiza para tener todo lo necesario para su operación, antes de ser requeridos para la producción, comercialización o simplemente para la administración de la compañía. Así pues, existen diferentes tipos de almacenes, como los que se presentan en la Tabla 4 y se describen a continuación.

Tabla 4. *Comparación de distintos tipos de almacén*

Tipo de almacén	Función	Características
De aprovisionamiento o producción	Abastecer de mercancías y materiales requeridos en la producción.	Se sitúan dentro o cerca de las fábricas. Almacena la mercancía por referencia, ruta, transportista o cliente final.
De <i>picking</i> ⁴¹	Maximizar la eficiencia en los procesos de preparación de pedidos.	Cuentan con sistemas de almacenaje, manuales o automáticos para agilizar el <i>picking</i> . Requieren acceso directo a todas las referencias.
De consolidación	Agilizar envíos y evitar fallos en la agrupación de mercancía.	Los utilizan las empresas que manejan un elevado número de pedidos. Pocas referencias, baja rotación de mercancías.
De distribución o suministro	Garantizar los tiempos de entrega necesarios en una zona.	Se localizan estratégicamente lo más cerca posible del cliente final. Pocas referencias, elevada rotación de las mercancías.
De tránsito	Reducir tiempos de espera de un producto en su tránsito hacia la siguiente etapa.	Son situados entre el centro de distribución y el cliente final. No se realiza ninguna operación sobre la mercancía. Gran variedad de productos, flujo continuo de mercancías.

Fuente: Adaptado de Mecalux (2020).

- **Almacén de aprovisionamiento o de producción.** Su rol es almacenar las mercancías requeridas para los procesos de fabricación (materias primas, piezas de producción, componentes y producto semielaborado), y alimentar las líneas de producción de la compañía, lo que garantiza una producción sin interrupciones; por ello se sitúan dentro o cerca de las fábricas.
- **Almacén de *picking*.** Cumple con el objetivo de garantizar un proceso de preparación de pedidos ágil y sin errores. Por ello, se instalan soluciones de almacenamiento con acceso directo a las mercancías, como las estanterías de *picking* para cargas pesadas, lo que posibilita que los operarios puedan acceder en cualquier momento a todas las referencias almacenadas. Su eficiencia se mide por la optimización tanto del tiempo

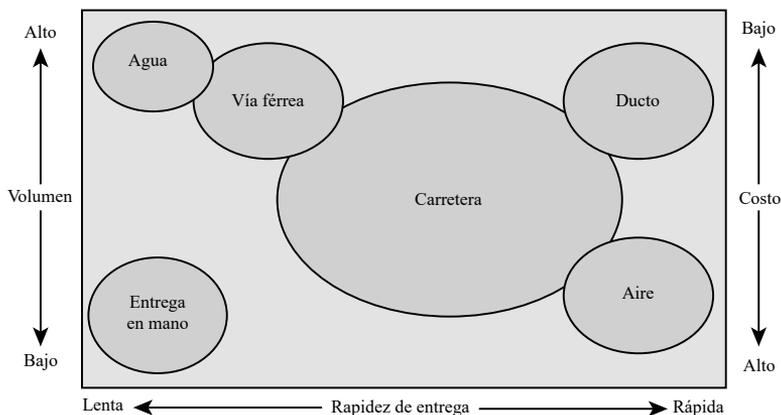
⁴¹ El significado de *picking*, que en ocasiones puede nombrarse como *pick and pack*, hace referencia al método de preparación de pedidos, desde la recepción del pedido hasta la programación del envío, lo cual busca facilitar la identificación de los bienes y su localización de forma específica dentro del almacén, permitiendo a los preparadores de pedidos recoger rápidamente los artículos que se necesitan para completar una orden.

como del espacio, manteniendo los costos lo más bajos posible. Por tal razón, estas instalaciones cuentan con sistemas de almacenaje, manuales o automáticos, preparados para agilizar el *picking*.

- **Almacén de consolidación.** Ayuda a las empresas que manejan un elevado número de pedidos a agilizar los envíos y, sobre todo, a evitar los errores en esta etapa. Estas instalaciones almacenan los pedidos por referencias, por rutas de envío, e incluso, por cliente final, con el fin de facilitar el proceso de expedición de la mercancía.
- **Almacén de distribución o suministro.** Estas instalaciones reciben entradas de mercancía desde los centros de producción de la compañía y almacenan los productos con más demanda, que posteriormente serán enviados hacia el cliente final, garantizando el *stock* de ciertos productos en una zona, por lo que se localizan estratégicamente lo más cerca posible del cliente final. Su función principal es disminuir los tiempos de entrega al mínimo, evitar una eventual interrupción del suministro para ofrecer un buen servicio al cliente final.
- **Almacén de tránsito.** Su función principal es el almacenamiento provisional de las mercancías, hasta que se necesiten para la siguiente etapa del proceso, por ejemplo, el empaquetado o la entrega, pero sin realizar ninguna operación sobre el producto. Son situados entre el centro de distribución y el cliente final para reducir los tiempos de espera entre los eslabones de la cadena de suministro por los que pasa el artículo, manteniendo un elevado tránsito de mercancías (el *stock* no se almacena a largo plazo, sino que el flujo de mercancías es continuo). Se utilizan habitualmente en el ámbito de la alimentación y el *retail* (menudeo).

Es evidente que, si un producto hecho en China se vende en América, se requiere analizar la ubicación de distintos almacenes y fábricas, y de decidir cuál es la mejor forma de realizar el traslado de materiales hacia y desde esos lugares. Y para esto se utilizan medios de **transporte**, que son aquellos vehículos que se encargan de trasladar las mercancías de un lugar a otro. Los más populares son seis: carretera (camiones), agua (barcos), aire (aviones), vías férreas (trenes), ductos y entrega en mano. Cada modo de transporte será más adecuado que otro para manejar ciertos tipos de productos, tal como se muestra en la Figura 17 y como se describe a continuación.

Figura 17. Proporción de uso de cada modo de transporte y sus características



Fuente: Chase & Jacobs (2014).

- **Carretera (camión).** Por este medio se transporta la mayoría de los productos, ya que las carreteras ofrecen mucha flexibilidad para transportar bienes a casi cualquier lugar que no esté separado por agua. El tamaño del producto (volumen) y la rapidez que ofrece para la entrega al cliente es de medio a alto, y el costo que tiene es de medio a bajo. En realidad, pocos productos se desplazan sin usar este tipo de transporte.
- **Agua (barco).** Este modo de transporte tiene una alta capacidad, por lo que es útil sobre todo para artículos muy voluminosos, como petróleo, carbón y productos químicos. Asimismo, ofrece un costo muy bajo, pero los tiempos de tránsito son lentos, y la mayor parte del mundo no es accesible para la transportación por agua.
- **Vías férreas (trenes).** También es una opción de alta capacidad, bajo costo y con tiempos de tránsito largos, además de estar sujetos a la variabilidad según la infraestructura férrea; en México consiste principalmente en trenes de carga concesionados al sector privado, cuya red tiene una extensión mayor a los 26 000 kilómetros, conectando los principales centros industriales con los puertos marítimos y conexiones fronterizas al extranjero.
- **Aire (avión).** Es una opción rápida, pero costosa, y con baja capacidad, por lo que es apropiada utilizarla para transportar artículos pequeños, ligeros y costosos.
- **Ductos.** Es un modo de transporte muy especializado y limitado, ya que sólo es útil para transportar líquidos, gases y sólidos suaves que no sean necesarios empacarlos; tiene una alta capacidad, rapidez en la entrega y costos bajos, aunque el costo inicial de construir un ducto es muy alto.
- **Entrega en mano.** Se refiere a hacer llegar el producto al cliente de manera manual, como último paso en la cadena de suministro, siendo una actividad lenta, de baja capacidad y costosa debido a la gran cantidad de tiempo y mano de obra involucrada.

Pocas empresas utilizan un solo medio de transporte, por lo general es una combinación de dos o más. A esta forma de transporte se le llama **multimodal** y son muy comunes, y a menudo se utilizan contenedores estandarizados con el fin de transferir el producto con eficiencia de un camión a un avión o barco, así como sistemas de información capaces de rastrear los productos en todo el sistema. Por esta razón, hay empresas que se especializan en brindar este tipo de servicios, como United Parcel Service (UPS), Federal Express (FedEx) y DHL, y se denominan **empresas de tercera parte logística (3PL)**, las cuales son contratadas para llevar productos de un lugar a otro; en algunos casos ofrecen servicios adicionales, como manejo de almacenes, control de inventario y otras funciones de servicio a clientes.

No obstante, cuando la empresa decide realizar la entrega por sus propios medios y no contratar terceros, tiene que decidir cómo es el mejor modo de transportar los bienes, puesto que es una actividad muy importante que afecta el costo de un producto, cuya complejidad dependerá del tipo de producto; por ejemplo, es más complejo mover productos que deben ser refrigerados o si son de gran volumen y peso. Esta actividad implica tareas como la selección del empaque y embalaje del producto, almacenamiento, medio de transporte, definición de rutas de distribución, programación y rastreo de pedidos, entre otros, buscando mantener un bajo costo, alta rapidez de la entrega y flexibilidad para reaccionar ante los cambios.



El **empaque** es el conjunto de materiales que forman la envoltura y el armazón que recubre al producto, tales como papeles, telas, cuerdas, cintas, etc., es decir, la presentación comercial de la mercancía. Su objetivo principal es lograr vender el producto dándole una buena imagen visual, pero además debe contribuir a su seguridad durante los diferentes desplazamientos, y facilitar su colocación en las estanterías donde serán recogidos por el cliente, distinguiéndolo de los productos de la competencia (Castellanos, 2009). Por ejemplo, para empacar galletas de forma segura, fácil y a un bajo costo, se recomienda utilizar bolsas que permitan cuidar la duración y frescura del producto, elaboradas con materiales que protejan de vapores de agua, partículas de polvo o cualquier agente externo. Por ejemplo, una bolsa hecha con BOPP40 (Polipropileno biorientado de 40 micras) evitará que agentes externos mayores a 40 micras ingresen a tu bolsa una vez que ha sido sellada (algunos virus como el COVID-19 tienen un tamaño de 200 micras). Asimismo, se recomienda que el empaque de galletas sea fácil de personalizar, facilite al cliente su manipulación y brinde seguridad. Asimismo, el costo también debe ser considerado, pues es uno de los costos más altos que se suma al precio del producto; y si es muy alto, el precio de venta tendría que subir y ocasionar que el cliente elija un producto de la competencia más barato en el momento de la compra. Por ello se recomienda utilizar bolsas transparentes con fuelle de capacidad de media libra (como las de la imagen), es una buena opción comparada con otras alternativas de empaque, como el celofán, por su precio accesible y la buena protección que brinda al producto.

Por su parte, el **embalaje** es la cubierta con que se resguardan los objetos que van a transportarse; tiene como objetivo proteger la mercancía durante su transporte, manipulación y almacenamiento, con fácil identificación del material que contiene. Su concepción es muy importante, ya que un embalaje incapaz de proteger la mercancía causará averías y contribuirá al fracaso de la venta. Por ejemplo, un buen embalaje no debe ser muy pesado, ni muy voluminoso, porque de lo contrario afectaría al costo del transporte y la manipulación, y tampoco debe ser muy ligero porque disminuirá la seguridad de la carga (Castellanos, 2009). Por ejemplo, si la microempresa que elabora galletas contrata a un servicio para transportarlas vía terrestre, puede utilizar una bolsa de polipropileno sellada para conformar el empaque del producto. Luego, para conformar un embalaje seguro que evite roturas, puede envolverlas en papel *bubble wrap* y asegurarlas con cinta antes de colocarlas en una caja de cartón, donde se procure que no queden espacios que permitan que el material se mueva (esto se evitaría colocando papel, más *bubble wrap* o *peanuts*, de empaque).

Por otro lado, una **ruta de distribución** es el recorrido que hace el transporte durante la distribución de los bienes o servicios, desde la empresa y hacia el comprador, las cuales deben trazarse

para ahorrar tiempo en la entrega y aumentar el nivel de satisfacción del cliente, así como ahorrar dinero con el uso de una menor cantidad de combustible y de los vehículos.

Los tipos de rutas de transporte pueden clasificarse en dos categorías, de acuerdo con el destino: a) de distribución capilar o **de última milla**, que se lleva a cabo dentro de los cascos urbanos donde el transporte llega hasta donde está el cliente final, y b) de larga distancia, donde grandes cantidades del producto son trasladadas, a nivel nacional e internacional.

El trazado de rutas de distribución de última milla puede realizarse siguiendo los pasos que se recomiendan por empresas como Dispatchtrack (s.f.) y Maplink (2021), las cuales ofrecen servicios tecnológicos de apoyo en esta actividad. Estos pasos se describen a continuación.

1. Identificar los puntos de entrega. Esto tiene que ver con la ubicación de los clientes, y requiere del apoyo de la tecnología para almacenar la base de datos de los clientes y determinar con exactitud los posibles puntos de entrega utilizando sus direcciones. Para un nuevo emprendimiento, esto podría hacerse utilizando la aplicación de Google Maps.

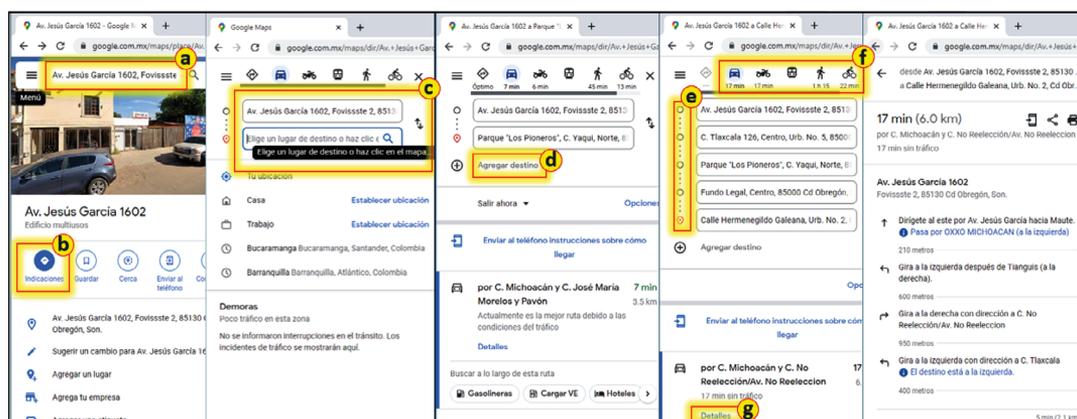
2. Analizar las vías disponibles para llegar a los puntos de entrega. Para asegurar que se utilicen sólo las vías que ofrecen un mejor rendimiento para las entregas, es necesario analizar las vías que deben recorrer los transportistas (si son trayectos largos, cortos, empinados, planos, no asfaltados, urbanos, rurales, con o sin tráfico, etc.) para evitar que recorran aquellas que no están en las mejores condiciones, y así evitar el deterioro de los vehículos, gasto de combustible, retraso en las entregas, afectación en el estado de las mercancías o sobretrabajo para el conductor.

3. Seleccionar los vehículos apropiados para llegar a los puntos de entrega. Para esto es necesario considerar las vías a transitar y el producto a transportar, de tal manera que se seleccionen aquellos más apropiados para evitar sufrir desgastes innecesarios al transitar por vías para las cuales no fue diseñado, que tenga la capacidad de satisfacer todas las entregas que se necesitan ejecutar y cumplir con las condiciones requeridas para transportar determinados tipos de productos en específico, como mercancías frágiles o que dependen de una cadena de frío. Por ejemplo, si los productos son pequeños, el trayecto es corto y las vías están asfaltadas, la empresa puede utilizar bicicletas, promoviendo así el ahorro de combustible y la rapidez en las entregas.

4. Definir las rutas de distribución. Con todos los datos obtenidos en los pasos anteriores, y regularmente con apoyo de *software* especializado, se valoran los siguientes aspectos esenciales para poder definir las posibles rutas de distribución: a) distancia entre el almacén y los puntos de entrega; b) cercanía entre los distintos puntos de entrega con el fin de agruparlos y así aprovechar al máximo cada viaje y gastar menos combustible; c) dirección y sentido de las rutas, condición de las vías, el estado del tránsito y vías alternas para evitar embotellamientos y demoras; d) cantidad y condiciones de las unidades de transporte disponibles, así como niveles y capacidad de rendimiento del combustible; y e) horarios de recepción estipulados por los compradores.

5. Trazar la ruta de distribución. Hay organizaciones que todavía utilizan recursos tan anticuados, como los planos de papel, para realizar esta actividad, lo que dificulta realizar cambios u optimizar los tiempos de entrega. Por ello se recomienda utilizar herramientas tecnológicas, al menos la *app* Google Maps. El procedimiento para trazar una ruta con varias paradas en esta *app* se ilustra en la Figura 18, y se describen a continuación.

Figura 18. Pasos para trazar una ruta de distribución en Google Maps



Fuente: Elaboración propia.

- Ingresar al sitio web de Google Maps y colocar una dirección en el buscador para que se muestre su ubicación (a) como se resalta en la parte izquierda de la imagen, y después hacer clic en el icono «Indicaciones» (b) para ser redirigido a una pantalla donde se mostrará un segundo buscador.
- En este segundo buscador (c) se debe escribir la dirección del destino deseada (por default se coloca “Tu ubicación” como origen, pero esto puede ser cambiado al dar clic sobre el icono de fechas que se ubican en la parte derecha de la parte resaltada).
- Después de esto, al trazarse la ruta aparecerá la opción «Agregar destino» (d), a través de los cuales se podrán agregar todas las paradas que sean necesarias para la ruta de distribución.
- Con cada destino que se agregue, el mapa de ruta cambiará, incluyendo la nueva parada, y si se desea cambiar el orden inicial dado, simplemente se arrastra el destino desde el icono de tres puntos (e) que se ubica en el lado izquierdo, hacia una nueva posición dentro de la lista y se actualizará automáticamente el mapa.
- En este paso también se pueden valorar o cambiar los modos de transporte (f), así como una estimación del tiempo de viaje, según las condiciones del tráfico en tiempo real, al dar clic en el botón correspondiente desde las opciones de la parte superior (auto, moto, caminata o bicicleta).
- Por último, para crear la ruta final se da clic en la opción «Detalles» (g), con lo cual se obtendrán las indicaciones, que pueden ser enviadas a la *app* del celular o al correo electrónico para que puedan ser seguidas por el transportista y así cumplir con la ruta de distribución.

6. Elaborar planes de contingencia. Por último, se pueden crear planes de distribución de contingencia, considerando otras variables endógenas no controlables por la empresa, como la posibilidad de lluvias fuertes, accidentes de tránsito, caravanas, protestas y eventos en zonas públicas; de tal manera que, cuando ocurran, el transportista no se encuentre con ellas de manera sorpresiva y elija una nueva ruta al azar, afectando así el rendimiento de las entregas, sino que cuente con un plan “b” como método de contingencia ante alguna eventualidad; y así, si se

presenta tráfico, algún accidente, vía obstruida o un clima desfavorable para transitar por la ruta de distribución original, conozca los desvíos estratégicos, vías alternas, horarios, que sean antes o después del evento que se quiere evitar en un día festivo, por ejemplo, etc., y evite esas vías durante dichos momentos.

ACTIVIDAD:

Realice planes de distribución a puntos de venta para el producto definido desde las actividades anteriores, considerando lo siguiente:

Se definan diferentes opciones para la ubicación de la fábrica.

Se establezcan al menos cinco puntos de venta apropiados para el tipo de producto (tiendas, supermercados, escuelas, restaurantes, etc.).

Registrar ambos datos anteriores en la siguiente tabla:

	1	2	3	4	5
Dirección de la instalación de la posible fábrica:					
Punto de venta	Dirección del punto de venta:				
1					
2					
3					
4					
5					

- Se utilice Google Maps para definir cada ruta, la cual debe iniciar y terminar en la dirección de cada planta.
- Las rutas se tracen para optimizar los tiempos y distancias.
- Se valoren diferentes medios de transporte.
- Se registren los resultados en la siguiente tabla:

Tipo de transporte	Variables	Ruta recorrida desde cada fábrica planteada como alternativa				
		1	2	3	4	5
Automóvil	Distancia (km)					
	Tiempo (min)					
	Gasolina (l)					
Motocicleta	Distancia (km)					
	Tiempo (min)					
	Gasolina (l)					
Bicicleta	Distancia (km)					
	Tiempo (min)					
	Gasolina (l)					
Caminata	Distancia (km)					
	Tiempo (min)					
	Gasolina (l)					



CAPÍTULO 5. GESTIÓN DE LA EXCELENCIA OPERACIONAL

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya terminado de estudiar este capítulo, usted estará en condiciones de:

- Entender el origen del concepto de excelencia operacional, sus promotores y principios básicos.
- Explicar qué es la ergonomía como disciplina y cómo se aplican sus principios en las empresas.
- Identificar riesgos de trabajo y posibles accidentes, que el ingeniero industrial debe evitar a través de programas de seguridad e higiene industrial.
- Estudiar el trabajo realizado en un centro productivo, utilizando como herramienta un diagrama que represente las operaciones que en él se realizan.
- Describir las instalaciones de un centro de trabajo, elaborando *layouts* que reflejen las diferentes áreas y dimensiones.
- Señalar algunas herramientas y pautas que permiten aplicar la filosofía de los sistemas integrados de manufactura y el pensamiento esbelto en las organizaciones.

Introducción

A continuación, se tratan temas que constituyen la esencia de la ingeniería industrial clásica de Taylor, relacionados mayormente con la mejora de las operaciones que se realizan en toda empresa como parte de los procesos de transformación de la materia prima en productos terminados, orientadas a alcanzar la excelencia operacional; y para esto, primeramente, se define qué significa excelencia operacional y cuáles son sus principios.

Después, se aborda el tema de la ergonomía industrial, la cual se orienta al logro del bienestar humano para un mejor rendimiento en el sistema. El tema se enfoca a explicar cómo realizar una evaluación ergonómica, ejemplificando algunos aspectos a considerar en un caso de estudio.

Asimismo, se presenta la temática de seguridad e higiene en el trabajo, para sensibilizar al estudiante de esta carrera en el cumplimiento de leyes, normas y otros instrumentos de carácter obligatorio que toda empresa debe cumplir en el ejercicio de sus funciones para evitar los riesgos y accidentes de trabajo. Y a manera de ejemplo, se estudian algunos lineamientos aplicables a empresas que se encargan de preparar alimentos de consumo humano, incluyendo una normativa generada por la Secretaría de Salud del México.

Luego, se muestra un procedimiento y algunas herramientas visuales útiles en el estudio del trabajo, las cuales permiten entender los métodos que utilizan los operadores para realizar las actividades de transformación en un centro productivo, con la finalidad de identificar aquellas operaciones que pueden ser mejoradas, reduciendo tiempo, movimientos u otro recurso que se valore como innecesario o excesivo.

Adicionalmente, se explica qué es una distribución de planta y por qué es importante su planeación antes de iniciar un negocio; ejemplificando con una empresa productora de pan y las consideraciones que se deben tomar en cuenta en cada una de las áreas básicas del negocio. Se presenta además, como herramienta, los planos de instalaciones, también conocidos como *layout* o disposición de área.

Por último, se da una breve introducción al tema de los sistemas integrados de manufactura, así como el pensamiento esbelto y sus herramientas, explicando un poco más a detalle la metodología de las 5S y el mantenimiento productivo total. Y se detallan algunos puntos a considerar por las empresas para realizar esta importante actividad para mantener en funcionamiento sus equipos.

5. 1. Introducción al concepto de excelencia operacional

Como ya se ha mencionado, a Taylor se le considera como el padre de la ingeniería industrial, ya que estableció los lineamientos del estudio de tiempos y movimientos a partir de la observación metódica y detallada de la ejecución de las diferentes tareas por parte de los operarios del siglo XVII, con el objeto de racionalizarlo y simplificarlo para obtener el mayor rendimiento posible. Este concepto de racionalización del trabajo no sólo lo aplicó al operario, sino a toda la organización, estableciendo los cuatro principios de la administración científica (Gutarra Meza, 2015):

1. **Planeación:** Cambiar los métodos de improvisación y empíricos del trabajo, por los métodos basados en los procedimientos científicos, esto implica el estudio del trabajo de los operarios, medición del tiempo y descomposición en sus movimientos más elementales, para eliminar o reducir los movimientos inútiles.
2. **Preparación:** Selección científica de los trabajadores, preparación y entrenamiento de éstos, de forma que produzcan más y mejor.
3. **Control:** controlar el trabajo para cerciorarse de que el mismo está siendo ejecutado de acuerdo con las normas establecidas
4. **Ejecución:** Distribuir las atribuciones y responsabilidades, para que la ejecución del trabajo fuese realizada disciplinadamente.

Esto sentó las bases de la ingeniería industrial clásica, que con el tiempo fue complementada por aportaciones de distintos personajes, incluyendo a **Joseph M. Juran** –ingeniero experto en gestión de la calidad que agrupó las acciones de calidad en tres categorías: planificación, control y mejora–, quien introdujo por primera vez el concepto de **excelencia operacional** en Japón en la década de 1970, como una mentalidad que adopta ciertos principios y herramientas para crear una cultura de excelencia dentro de una organización, para que cada empleado pueda ver, entregar y mejorar el flujo de valor para un cliente. Posteriormente, este concepto se formalizó en Estados Unidos en la década de 1980, durante la crisis que sufrieron las grandes empresas de este país cuando su participación en el mercado se estaba reduciendo debido a los productos de calidad importados de Japón.

Así pues, el significado más contemporáneo del término *excelencia operacional* tiene sus raíces en el Sistema de Producción Toyota (TPS) –desarrollado por Taiichi Ohno– y aportaciones

realizadas por otros personajes, como el japonés Shigeo Shingo, quien desarrolló *Single Minute Exchange of Minute* (SMED), fundamental para la reducción del tamaño de los lotes y la flexibilidad. Shingo y el concepto de excelencia operacional enseñaron principios en cinco cambios clave de paradigma: a) foco en resultados y comportamientos, b) los comportamientos fluyen de los principios que rigen los resultados, c) los principios sustentan la cultura de los resultados a largo plazo, d) la creación de culturas basadas en principios requiere la alineación del sistema de gestión, y e) las herramientas utilizadas, como **TQM, JIT, 5S**, etc., son habilitadoras y deben usarse estratégicamente, de manera adecuada y con cautela para impulsar mejor un comportamiento ideal y excelentes resultados (Found, Lahy, Williams, Hu, & Mason, 2018).

Asimismo, el concepto de *excelencia operacional* se refleja dentro del **modelo Shingo**, el cual identifica diez principios rectores como base para construir una cultura sostenible de excelencia organizacional: respetar a cada individuo, liderar con humildad, buscar la perfección, asegurar la calidad en la fuente, flujo y valor de atracción, adoptar el pensamiento científico, centrarse en el proceso, pensar sistémicamente, crear constancia de propósito y crear valor para el cliente (Instituto Shingo, s.f.).

El TPS deriva en el movimiento *Lean*, popularizado por los estadounidenses Womack, Jones y Roos en su libro *The Machine that Changed the World*, y cuyos principios son: a) especificar el valor desde la perspectiva del cliente, b) identificar el flujo de valor, c) hacer que los pasos de creación de valor fluyan, d) al tirón (*pull*) del cliente, y e) esforzarse por alcanzar la perfección. La última década, sin embargo, se ha visto un cambio del término *Lean* hacia el de excelencia operacional, un término popularizado por el Instituto Shingo para cubrir todas las metodologías de mejora (Found, Lahy, Williams, Hu, & Mason, 2018). Algunas de estas metodologías se describen en los apartados siguientes.

5. 2. Evaluación ergonómica de centros de trabajo

Como ya se ha mencionado, en los albores de la ingeniería industrial los esposos Frank y Lillian Gilbreth se dedicaron a la identificación, el análisis y la medición de los movimientos fundamentales involucrados en la realización del trabajo, pudiendo clasificar los elementos de la motricidad humana en 18 movimientos o *therbligs*. Este desarrollo permitió que los analistas diseñaran trabajos con un conocimiento que tenía una base más científica respecto al tiempo requerido para llevar a cabo las actividades.

En muchos aspectos, estos desarrollos también marcaron el comienzo del campo de factores humanos o ergonomía. ¿Pero que significa la palabra ergonomía? Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la **ergonomía** se define como “la disciplina científica que se ocupa del entendimiento de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar con el objetivo de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema”. La ergonomía se enfoca en el estudio de la relación entre el ser humano y su entorno laboral con el objetivo de mejorar el bienestar y la eficiencia en el trabajo. El término ergonomía se deriva de dos palabras griegas: *ergo* (trabajo); *nomos* (leyes naturales, conocimiento o estudio); es decir, es el estudio del trabajo. La ergonomía tiene dos grandes ramas: una se refiere a la ergonomía industrial, biomecánica ocupacional, que se concentra en los aspectos físicos del trabajo y capacidades humanas tales como fuerza, postura y repeticiones de movimientos. Una segunda rama se refiere a los factores humanos, orientada a los aspectos psicológicos del trabajo, como la carga mental y la toma de decisiones (Guillén Fonseca, 2006).

Un mal diseño de los productos y de los puestos de trabajo puede generar riesgos laborales para los trabajadores y trabajadoras que usan esos útiles o realizan sus funciones en esos puestos. Por ello, se hace necesario la realización de evaluaciones y análisis ergonómicos de los puestos de trabajo, de forma que sirvan como herramienta para tener una visión de la situación de trabajo, a fin de diseñar puestos de trabajo y tareas seguras, saludables y productivas. De acuerdo con lo planteado por la Secretaría de Salud Laboral de las Comisiones Obreras de Madrid (CCOO Madrid), la consecuencia en el trabajador de estar desarrollando actividades de manera inadecuada por no contar con las condiciones laborales ergonómicamente correctas, son entre otras: los llamados trastornos músculo-esqueléticos (TME), que son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, articulaciones, ligamentos, nervios, etc. Estos trastornos, tal como asegura, afectan sobre todo a la espalda, el cuello, los hombros y los miembros superiores, pero también pueden afectar a los miembros inferiores. Los diagnósticos más comunes son las tendinitis, tenosinovitis, síndrome del túnel carpiano, mialgias, cervicalgias, lumbalgias, etc. La mayoría de los TME relacionados con el trabajo son trastornos acumulativos que resultan de la exposición repetida a cargas de baja o alta intensidad durante un largo periodo. Aunque tampoco hay que olvidar que también pueden ser provocados por traumatismos agudos, como fracturas, que ocurren durante un accidente.

Lo anterior es relevante para la empresa, ya que los síntomas relacionados con la aparición de alteraciones músculo-esqueléticas incluyen dolor muscular o articular, sensación de hormigueo, pérdida de fuerza y disminución de sensibilidad. En la aparición de los trastornos originados por sobreesfuerzos, posturas forzadas y movimientos repetitivos pueden distinguirse tres etapas:

1. Aparición de dolor y cansancio durante las horas de trabajo, que mejora fuera de éste, durante la noche y los fines de semana.
2. Comienzo de los síntomas al inicio de la jornada laboral, no desaparece por la noche, altera el sueño y disminuye la capacidad de trabajo.
3. Persistencia de los síntomas durante el descanso, dificulta la ejecución de tareas, incluso las más triviales. Algunos TME, como el síndrome del túnel carpiano, son específicos por sus bien definidos síntomas y señales, pero otros no lo son tanto porque el dolor o el malestar aparecen sin que haya un trastorno específico claro.

En México, de acuerdo con cifras publicadas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) (2018), los TME en grupo son el primer tipo de enfermedad de trabajo –con 4 607 casos en 2016– de los cuales, la enfermedad de trabajo en primer lugar de este grupo son las dorsopatías con 1 663 casos; seguido por otras entesopatías con 700; el síndrome del túnel carpiano con 636; lesiones del hombro con 503; tenosinovitis de estiloides radial de Quervain con 422; otras sinovitis, tenosinovitis y bursitis con 349; epicondilitis con 184, y en último lugar, la artrosis con 150 casos. La incidencia de estas enfermedades de trabajo en 2016 representó que, en promedio, cada día 12 trabajadores sufrieran un trastorno músculo-esquelético.

Ante este escenario, es evidente la necesidad de atención de los factores de riesgo ergonómico, lo cual exige un compromiso gubernamental para fortalecer la seguridad y la salud en el trabajo que permita lograr un trabajo digno o decente, a través de políticas, líneas estratégicas de acción y proyectos con un enfoque preventivo para que prevalezcan centros de trabajo con condiciones seguras y saludables, ya que es reconocida la afectación a la salud que estos factores generan en los trabajadores, razón por la cual es imprescindible su atención.

Uno de los aspectos prácticos más relevantes de esta multidisciplinaria, es la evaluación ergonómica, que tiene por objeto detectar en los puestos evaluados cuáles pueden ser los factores de

riesgo para los trabajadores respecto a la aparición de problemas de salud de tipo disergonómico. Es necesario llevar a cabo evaluaciones ergonómicas de los puestos para detectar en qué nivel de ocurrencia se pudieran presentar dichos factores de riesgo. Es obligación de las empresas identificar la existencia de peligros derivados de la presencia de riesgos ergonómicos elevados en sus puestos, y estaciones de trabajo que le permitan tomar acciones encaminadas a reducir o eliminar factores de riesgo laboral y aumentar la eficiencia y calidad operacional.

Ahora bien, para realizar una evaluación ergonómica de un puesto de trabajo, es necesario considerar que hay diferentes factores de riesgo que deben ser considerados (movimientos repetitivos, levantamientos de carga, mantenimiento de posturas forzadas, posturas estáticas, exigencia mental, monotonía, vibraciones, condiciones ambientales, etc.), mismos que tienen influencia en la aparición de los TME. Además, considerando que en la actualidad se cuenta con diferentes métodos de evaluación ergonómica, es un reto la elección del método adecuado para medir cada tipo de riesgo y la idoneidad de éste para el puesto a analizar.

Para evaluar un puesto de trabajo correctamente, se debe requerir de la aplicación de varios métodos de evaluación, dado que en un mismo puesto pueden existir diversas tareas y en cada tarea diversos factores de riesgo presentes. Para escoger un método de evaluación, debemos plantear la pregunta adecuada, por ejemplo: ¿qué factores de riesgo están presentes en el puesto que deseo evaluar? En España se ha elaborado un procedimiento muy práctico de siete pasos, en los que se destacan las cuestiones fundamentales a tener en cuenta para actuar frente al riesgo ergonómico en la empresa (Secretaría de Salud Laboral de CCOO de Madrid, 2016):

1. ¿En qué puestos de trabajo de la empresa existe riesgo ergonómico?
2. ¿En qué puestos de trabajo de la empresa es prioritaria la mejora ergonómica?
3. ¿Qué características tienen los puestos de trabajo prioritarios?
4. ¿Se conoce la situación de riesgo ergonómico y se puede evitar aplicando medidas preventivas?
5. En caso de que sea negativa la respuesta a la pregunta anterior, ¿se realiza una evaluación de riesgos ergonómica?
6. ¿Qué se evalúa? ¿El puesto de trabajo o la tarea?
7. ¿Se evalúan las posturas, movimientos, levantamientos, empujes, etc., o todo en su conjunto?

Al dar respuesta a las preguntas, se tendrá información suficiente para poder elegir el método o métodos más adecuados para evaluar cada factor de riesgo.

Adicional a lo anterior, si se considera lo planteado por Diego-Mas (2015), quien ha generado un *software online*, público y gratuito en la web de ergonautas,⁴² desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia, donde entre otros apoyos técnicos y metodológicos para realizar estudios ergonómicos, menciona que en general existen dos niveles de análisis: el análisis de las condiciones de trabajo para la identificación de riesgos (nivel básico), y la evaluación de los riesgos ergonómicos en caso de ser detectados (nivel avanzado). Respecto al primero, la identificación inicial de riesgos (nivel de análisis básico) permite la detección de factores de riesgo en los puestos. En caso de ser detectados, se procederá con el nivel avanzado.

⁴² La lista de comprobación de riesgos ergonómicos es una herramienta que tiene como objetivo principal contribuir a una aplicación sistemática de los principios ergonómicos. Pretende mejorar las condiciones de trabajo de una manera sencilla, a través de la mejora de la seguridad, la salud y la eficiencia. Puede consultarlo a través del siguiente enlace: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/lce/lce-ayuda.php>

Algunos indicadores de la presencia de riesgos son, por ejemplo: la presencia de lesiones agudas (lumbalgias, fatiga física, hernias discales, ciáticas), lesiones crónicas (epicondilitis, síndrome del túnel carpiano), o enfermedades profesionales entre los trabajadores de un determinado puesto. El análisis estadístico de los registros médicos de la empresa puede ser de gran ayuda para esta detección inicial de riesgos.

Para llevar a cabo la identificación inicial de riesgos, es conveniente el empleo de listas de identificación de riesgos, como la *Lista de comprobación ergonómica* o el *Manual para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en la PYME* del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España. La aplicación de las listas de identificación inicial de riesgos parte de la agrupación de los puestos de la empresa que tengan características similares en cuanto a tareas realizadas, diseño del puesto y condiciones ambientales. En una segunda fase, se aplica la lista de identificación de riesgos a cada puesto, o a cada tipo de puestos si han sido agrupados.

En cuanto al nivel avanzado de análisis, se evalúa la amplitud de los factores de riesgo detectados; para evaluar el nivel de riesgo asociado con un determinado factor de riesgo, existen diversos métodos para apoyar al evaluador. Cada factor de riesgo puede estar presente en un puesto en diferentes niveles. Así, por ejemplo, debe evaluarse si la repetitividad de movimientos, que es un factor de riesgo para la aparición de trastornos músculo-esqueléticos (TME) en la zona cuello-hombros, presenta un nivel suficiente en el puesto evaluado como para considerar necesaria una actuación ergonómica.

La labor realizada por un trabajador en un puesto puede ser diversa, es decir, el trabajador puede llevar a cabo tareas muy distintas en un mismo puesto, por lo que deben ser evaluadas las tareas realizadas, más que el puesto en su conjunto. Así pues, se debe llevar a cabo un desglose de la actividad realizada por el trabajador en distintas tareas, evaluando por separado cada una de ellas, aunque manteniendo una visión del conjunto. Desglosado el trabajo en tareas, se establecerán los factores de riesgo presentes y, finalmente, qué métodos son de aplicación para la valoración de cada tarea.

Evaluar un puesto de trabajo suele requerir de la aplicación de varios métodos de evaluación, dado que en un mismo puesto pueden existir diversas tareas y en cada tarea diversos factores de riesgo presentes. Así, para evaluar si el nivel del factor de riesgo “Levantamiento de carga” en una tarea es lo suficientemente elevado como para ocasionar TME, pueden utilizarse diferentes métodos, como la Ecuación de NIOSH o la *Guía técnica de levantamiento de carga* del INSHT.

Por último, se presenta un procedimiento global propuesto por Diego-Mas (2015) para evaluar un puesto de trabajo:

- Conocer a la empresa a la que pertenece el puesto, su sector productivo, su estructura jerárquica, los turnos y horarios, la planificación y organización del tiempo de trabajo, la estructura sindical, entre otros.
- Conocer y describir en un documento de evaluación las características y factores más importantes del lugar de trabajo que se va a analizar, como, por ejemplo, los diferentes productos y procesos que se realizan, el número de trabajadores, los turnos, las pausas, las horas extras y cualquier problema o incidente que pueda existir en el lugar de trabajo.
- Observar el puesto de trabajo. Anotar y describir en su documento el entorno físico, las herramientas manuales, el orden y limpieza en el entorno, el espacio disponible, la maquinaria presente, el número y tipo de indicadores y controles, el nivel y adecuación de la iluminación, el calor o frío excesivos, el nivel de ruido, los equipos de protección individual

- Si como resultado del paso 3 y de la aplicación de la “Lista de comprobación ergonómica” se ha encontrado necesario mejorar algún aspecto de los lugares, equipos y condiciones de trabajo, indíquelo en su documento. Proponer acciones preventivas y recomendaciones.
- Conocer al trabajador presente en el puesto previamente a la evaluación. Infórmele sobre el motivo de su presencia. Solicitarle que realice su tarea de la forma habitual y procure que su forma de actuar no se vea condicionada por la evaluación.
- Observar el puesto de trabajo mientras el trabajador desempeña su labor. Realizar grabaciones en video si lo considera necesario. Analizar el número de tareas distintas realizadas. Medir los tiempos empleados en cada una de ellas.
- Determinado el número de tareas distintas realizadas por el trabajador, analizar y describir con cuidado cada una de ellas. Establecer qué factores de riesgo ergonómico están presentes en cada una de ellas. Indicar en el documento de trabajo el desglose en tareas y los factores de riesgo ergonómico presentes en cada tarea.
- Para cada una de las tareas, y para cada factor de riesgo presente, seleccionar el método de evaluación ergonómica adecuado. Cada tarea puede precisar ser analizada con varios métodos si presenta varios factores de riesgo distintos. Aunque se puede emplear un método de evaluación global de puestos de trabajo, como el método Lest, es preferible emplear métodos más específicos para cada factor de riesgo.
- Durante la realización de cada tarea, y según los métodos de evaluación escogidos, realizar la toma de datos y mediciones (ángulos, distancias o pesos). Se recomienda tomar fotografías para documentar la evaluación y anotar esta información en una hoja de campo.
- Con los datos obtenidos, aplique cada método de evaluación (se puede emplear estas aplicaciones informáticas de métodos de evaluación de la ergonomía para ello). A partir de los resultados, hacer una valoración de cada factor de riesgo ergonómico en cada tarea. Si en algún caso el nivel de riesgo no es tolerable, proponer medidas correctivas o un rediseño del puesto.
- Redactar en el documento las conclusiones de la evaluación. Si los hay, indicar los problemas detectados y las medidas correctivas propuestas.

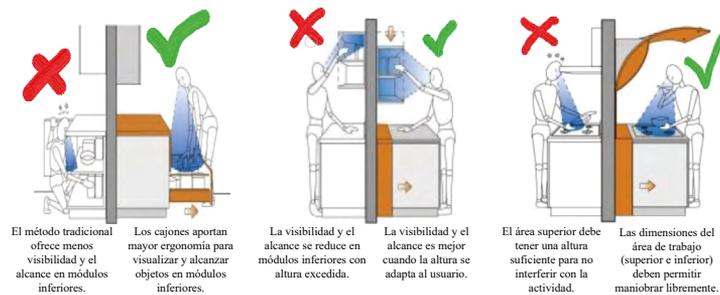
Para ejemplificar lo anterior, se puede analizar el caso de una cocina, ya que muchas de las empresas que producen alimentos de consumo humano, o que proporcionan servicios de alimentación, se han desarrollado y crecido gracias a emprendimientos que surgieron en el interior de un hogar, donde una persona impulsada por sus deseos de generar una mejoría en su economía inició una actividad productiva. Generalmente, una microempresa tiene una esperanza de vida de cuatro a cinco años, ya que la mayoría fracasa en sus esfuerzos por llegar a ser una empresa grande con el paso de los años. La mayoría de las microempresas fracasan por mala administración, pero también por no lograr mantener la preferencia de sus clientes, así como por la variación de la calidad en los productos y servicios que oferta.

Es importante que desde el inicio de operaciones de una microempresa, se realicen acciones orientadas a contar con los recursos necesarios para una eficiente operación. Por ello, es necesario considerar aspectos básicos en el diseño de las instalaciones, selección de equipo y definición de sus procesos a través de los cuales genera valor a los clientes. En función de lo anterior, es relevante resaltar que es en la cocina de un hogar donde tienen lugar muchos emprendimientos, por ello se tomará como un caso de estudio este complejo espacio que toda vivienda necesita para cubrir las necesidades básicas de alimentación y convivencia de una familia, pero también es el lugar donde se podrán emprender grandes proyectos; tal es el caso de la fábrica mexicana de galletas Gamesa, que inició en el seno del hogar de la familia Santos en Monterrey.

A continuación, se presenta la distribución y ergonomía en la cocina; dos aspectos de vital importancia que se deben considerar si se diseña un nuevo proyecto y se busca que sea funcional. En algunas ocasiones, la estética se pone por encima de lo funcional y no deja ver la parte poco práctica que tienen algunos muebles o distribuciones de cocinas.

La ergonomía en la cocina es un tema importante y retador, tomando en cuenta que no es sólo una persona quien generalmente la utiliza, sino que hasta tres generaciones pueden ser sus usuarios, por lo que se deben satisfacer diferentes necesidades de la mejor manera posible. Una altura de trabajo correcta es igual de importante que unos cajones completamente extraíbles o que los aparatos se puedan manejar en postura erguida y sin impedimentos para la visibilidad y el alcance de los objetos (ver Figura 19).

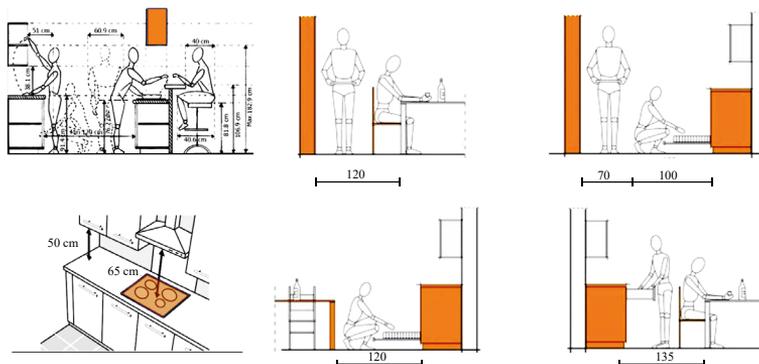
Figura 19. *Aciertos y desaciertos que favorecen o entorpecen la visibilidad y alcance en una cocina*



Fuente: Elaboración propia con imágenes tomadas de la red.

Por otra parte, para que una cocina pueda ser considerada ergonómica y funcional, es necesario considerar ciertas dimensiones para poder valorar su apego a normas y estándares que cumplan con aspectos antropométricos y biomecánicos. En las medidas de una cocina hay que tener en cuenta, además de los muebles de cocina y electrodomésticos, el espacio libre para que una persona se pueda mover con libertad dentro de la cocina, y poder acceder al interior de los muebles de cocina y electrodomésticos y que éstos se abran sin dificultad, así como la medida del fondo de una barra de desayuno para que el usuario pueda sentarse cómodamente (ver Figura 20).

Figura 20. *Distancias recomendadas para mobiliario y espacios para facilitar la funcionalidad y tránsito en una cocina*

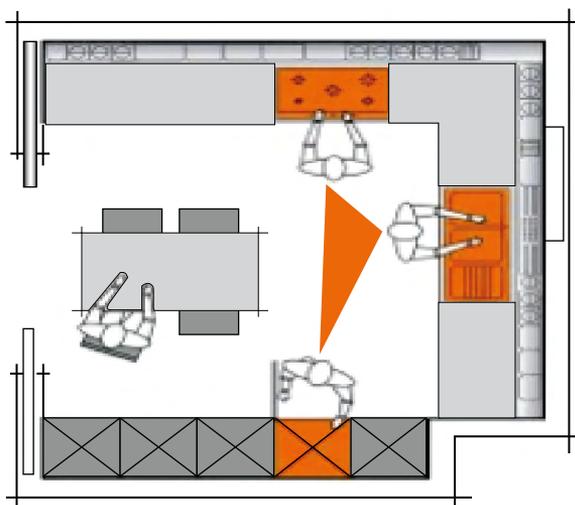


Fuente: Elaboración propia con imágenes tomadas de (Agloval, 2019).

Estas imágenes ilustran algunas recomendaciones que sirven para valorar una cocina con el fin de tener un diagnóstico de su funcionalidad y apego a estándares, o bien, para efecto de diseñar una nueva que cumpla con la normativa ergonómica. La altura del horno, del fregadero y del frigorífico debe estar adaptada a la estatura para evitar molestias físicas duraderas; también, el interior de los armarios se debe configurar de forma apropiada. Por ejemplo, con cestas o fondos extraíbles, los módulos altos deben montarse con sistemas de alzamiento apropiados y a la altura de la vista. Se debe respetar también las distancias mínimas de paso para que la cocina y el espacio en general sean completamente funcionales.

Al mismo tiempo, es recomendable que la distribución de la cocina cumpla la regla del triángulo (ver Figura 21). Se divide la cocina en tres zonas: lavado/fregadero, cocción y almacenamiento, y se marca un triángulo entre ellas como vértices. Este será el recorrido básico que más veces se realiza. En cualquier distribución que se elija, si lo que se desea es conseguir una cocina ergonómica, es importante que se respete el triángulo de trabajo.

Figura 21. *Triángulo de trabajo de una cocina ergonómica*



Fuente: Agloval (2019).

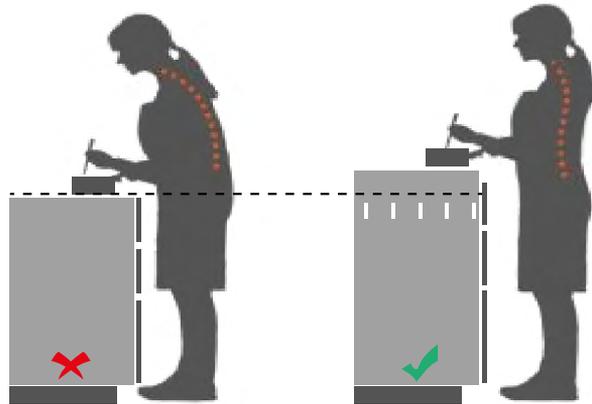
Adicionalmente, el fregadero y el lavavajillas son dos elementos que siempre irán ligados si se desea una mayor comodidad. Si hay una ventana, es recomendable colocar el fregadero debajo, esto permite tener mejor calidad y cantidad de luz natural y una sensación más agradable de espacio mientras se trabaja. A su vez, se recomienda dejar un espacio libre a los lados de la zona de cocción y con cierta proximidad al fregadero. Horno y microondas elevados en columna, preferiblemente al lado de frigorífico, de manera que ambos sean accesibles y próximos a la encimera.

Otros aspectos para tener en cuenta para una óptima distribución y ergonomía en la cocina son: seleccionar tiradores cómodos y puertas que, una vez abiertas, no entorpezcan el paso. Aunque lo recomendable y más cómodo son los cajones con guías de extracción total, ya que son más accesibles y permiten una mejor organización e incrementan la capacidad de almacenamiento. Los elementos de uso habitual deben estar en las zonas más fácilmente accesibles desde una posición de pie frente a la encimera.

Por su parte, un trabajo de pie delante de la encimera obliga a asumir posturas que pueden ser incorrectas (ver Figura 22), por lo que es muy importante considerar la altura de la encimera.

La altura estándar ha evolucionado con el tiempo y hay soluciones para adaptar la altura de la encimera a la del usuario combinando la altura de zócalo, la del módulo bajo y la de la bancada.

Figura 22. *Postura correcta e incorrecta en la cocina*



Fuente: Agloval (2019).

A manera de conclusión, una vez que se han expuesto algunas recomendaciones ergonómicas para valorar una cocina, es importante reflexionar y responder algunas preguntas, tales como: ¿Por qué es importante que una cocina cumpla con recomendaciones ergonómicas? ¿La cocina de tu casa, en qué porcentaje cumple con todas estas recomendaciones? ¿Cuáles son las consecuencias del NO cumplimiento de una especificación en particular para la salud del usuario frecuente de una cocina?, y ¿Las consecuencias respecto a la eficiencia del proceso de elaboración de alimentos?

5. 3. Lineamientos a cumplir para la seguridad e higiene en el trabajo

La **seguridad e higiene en el trabajo** se definen como el conjunto de normas, políticas, procedimientos y acciones que permiten localizar, evaluar, controlar y establecer las medidas necesarias para prevenir los riesgos, disminuir o eliminar las causas de los accidentes y enfermedades laborales.

En México se han elaborado algunas leyes, reglamentos, acuerdos, planes, programas y Normas Oficiales Mexicanas (NOM) con el fin de establecer criterios homogéneos para su aplicación nacional, y con ello garantizar a la población que los productos que usa y consume están siendo evaluados y vigilados a lo largo y ancho del país de manera uniforme (Hernández Coria, 2015).

Por ejemplo, la Ley Federal del Trabajo (LFT), en su artículo 473, define los **riesgos de trabajo** como los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en el ejercicio o con motivo del trabajo (Cámara de Diputados, 2022). Según la LFT, los riesgos que pueden sufrir los trabajadores se clasifican en los siguientes tipos:

- Químicos: Son aquellos que se originan por la presencia o utilización de elementos químicos en el puesto de trabajo, y que pueden afectar a la salud de los trabajadores.
- Biológicos: Son los que existen en puestos de trabajo en los que se está en contacto con agentes infecciosos.
- Físicos: Los que están relacionados con el entorno en el que se tiene lugar la prestación de servicios y la actividad física.

- Ergonómicos: Son los que se derivan de una inadecuada posición o postura durante el desarrollo del trabajo.

A los **accidentes de trabajo**, la LFT, en el artículo 474, los define como toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo, excluyendo a los accidentes que se produzcan al trasladarse el trabajador directamente de su domicilio al lugar de trabajo y de éste a aquel (accidentes de trayecto). Estos accidentes de trabajo se clasifican en dos: a) accidentes sin ausencia, en donde el empleado continúa trabajando después del accidente, y b) accidentes con ausencia, que es aquel que puede causar incapacidad temporal, incapacidad permanente parcial o total, y muerte.

Por su parte, las NOM y sus actualizaciones se publican en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF), y son de aplicación obligatoria en todas las organizaciones donde aplique. Por ejemplo, en las empresas donde se preparen alimentos, se debe cumplir con lo establecido en la NOM-251-SSA1-2009, la cual presenta las prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios; y tiene como objetivo establecer los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene, a observarse en los distintos procesos de preparación de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas a fin de evitar su contaminación a través de los procesos, siendo su campo de aplicación la observancia obligatoria para las personas físicas o morales dedicadas a procesos y manipulación de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios destinados a los consumidores en México (Secretaría de Salud, 2010).

Por otro lado, existen otras organizaciones que emiten lineamientos importantes a considerar. Por ejemplo, en este mismo caso de estudio relativo a la elaboración de alimentos, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en conjunto con la Organización Mundial de la Salud (OMS) elaboraron de manera conjunta un *Manual para manipuladores de alimentos*, donde se establecen algunas de las buenas prácticas (BP) que se deben observar durante la elaboración y manipulación de alimentos para evitar daños a la salud de los consumidores, ya que una de las necesidades básicas es la alimentación y de ello depende la vida humana.

Cuando los alimentos que consumimos no se encuentran en condiciones óptimas, pueden causar diferentes enfermedades que pueden llegar a causar incapacidades temporales o, incluso, la muerte. La ingesta de un alimento contaminado puede ocasionar diversas enfermedades que son transmitidas por alimentos (ETA). Las ETA se producen cuando el alimento se contamina con microorganismos patógenos o sus toxinas (bacterias, parásitos, hongos y virus). En muchos de los casos, estos microbios llegan a los alimentos por intermedio de los mismos manipuladores.

De acuerdo con la FAO y la OMS (2015), para que un alimento pueda ser considerado apto, debe cumplir con una serie de requisitos tales como: higiene en todas las etapas de la cadena alimentaria, características organolépticas adecuadas (sabor, olor, textura, color), ausencia de microorganismos patógenos o sus toxinas y estar libre de sustancias químicas extrañas a su composición natural o que no estén expresamente permitidas. Por ello, se ha puesto especial atención en las personas que trabajan en el área alimentaria y que participan en la elaboración y manipulación de alimentos, ya que tienen influencia en la salud de la comunidad local, nacional, y más allá de las fronteras cuando se elaboran alimentos de exportación.

En gran parte, es responsabilidad de quien prepara, manipula o sirve la comida que esté en óptimas condiciones para su consumo. Es necesario tomar medidas higiénicas en cada paso de la operación, en la elección del lugar donde se compran los alimentos, en la recepción, en el almacenamiento adecuado, durante la preparación y luego en la distribución y entrega a los consumidores finales; es decir, en toda la cadena de suministro, desde el productor de insumos en el campo, hasta llegar al plato del consumidor por los diferentes canales de distribución. Los hábitos

higiénicos, como el lavado de las manos antes de manipular alimentos, el no toser o estornudar sobre los mismos, o evitar la manipulación con heridas expuestas, ayudan a impedir que los alimentos se contaminen y por consecuencia generen problemas de salud en quienes los consumen.

El tema relativo a la higiene de los alimentos es atendido por diferentes especialistas de la salud y ciencias alimentarias, quienes han estudiado todas las actividades para que los alimentos reúnan requisitos de inocuidad, salubridad y que conserven sus características nutritivas.

Por ejemplo, en el trabajo de Barclay (2015) se presenta una serie de buenas prácticas de manufactura (BPM) para una panadería y confitería familiar, que los manipuladores de los alimentos involucrados en el proceso de elaboración deben conocer, interpretar y cumplir para garantizar la elaboración de productos sanos e inocuos. Algunas de estas BPM se han retomado de las normas correspondientes, y entre otras recomendaciones establecen lo siguiente:

- **Salud del personal:** es responsabilidad del personal informar al superior sobre cualquier afección de piel (incluyendo las heridas de cualquier tipo), trastornos respiratorios o gastrointestinales. Deben tomarse medidas para asegurar que ninguna persona afectada por una enfermedad contagiosa o heridas participe en alguna etapa de la producción que involucre contacto directo con los alimentos.
- **Higiene personal:** el lavado de manos es muy importante e incluye los brazos y antebrazos. Las uñas largas albergan gran número de microorganismos que pasan al alimento, pudiendo contaminarlo; por ello el personal deberá llevar las uñas recortadas hasta la yema del dedo, limpias, prolijas y sin esmalte (se prohíbe el uso de uñas postizas).
- **Indumentaria de trabajo:** el personal que trabaja en las áreas de producción en relación directa con productos alimenticios, deberá estar vestido con chaquetas o guardapolvos de color blanco que cubran la totalidad de la indumentaria que llevan debajo; la ropa de trabajo deberá estar en aceptables condiciones de higiene al comienzo de cada jornada. es obligatorio el uso de cofia para cubrir el cabello en todas las áreas de producción, así como de cubrebocas en todo el personal que lleve barba o bigote.
- **Disposición de residuos:** los residuos deben arrojarse en los cestos correspondientes ubicados convenientemente en las áreas de producción y en el resto del establecimiento, dotados de tapa de apertura no manual y de bolsas de un solo uso, siendo evacuados a contenedores de basura. no deben acumularse residuos en las áreas productivas (el lugar de trabajo debe mantenerse limpio y ordenado). No toser o estornudar sobre producto, equipos o utensilios; no fumar, salivar o mascar chicle. No se permite el ingreso a las áreas de producción de objetos personales, teléfonos celulares y joyas (anillos, collares, aretes, pulseras o relojes), y está prohibido el uso de maquillaje, cremas para manos, postizos y productos cosméticos perfumados.
- **Evitar la contaminación cruzada:** almacenar en lugares separados al producto y la materia prima. Evitar circular desde un sector sucio a un sector limpio. Durante el proceso de producción, deberán evitarse las demoras innecesarias, minimizando de esa manera, la ocurrencia de contaminación, deterioro o proliferación de microorganismos capaces de alterar el producto.
- **Limpieza y desinfección:** la buena higiene exige una limpieza eficaz y frecuente del área de trabajo, de los equipos (batidoras, amasadoras, sobadoras, mesadas de trabajo, balanzas, etc.), utensilios (recipientes, bandejas, espátulas, palas, etc.) y vehículos de transporte (reparto) para eliminar la suciedad, restos de masa, de materias primas y de productos que pueden servir como medio para que se desarrollen microorganismos y constituir una fuente de contaminación para los productos. Para facilitar el control de la

higiene, se debe elaborar un cronograma de limpieza y desinfección permanente, junto con un procedimiento de limpieza y desinfección, que sirva como guía para los responsables de realizar las tareas de sanitización.

- **Equipos y utensilios:** los utensilios empleados en los sectores de producción deben ser de un material que no transmita sustancias tóxicas, olores ni sabores, no absorbente, resistentes a la corrosión y capaces de tolerar repetidas operaciones de limpieza y desinfección. Los equipos deberán ser de fácil desmontaje y sus partes móviles deben permitir la lubricación sin contaminar el alimento. Las superficies deberán ser lisas y estar exentas de grietas y otras imperfecciones que permitan la formación de biopelículas o *biofilms*,⁴³ comprometiendo la inocuidad del producto.

Adicionalmente a lo anterior, es importante considerar aspectos relacionados con la ubicación, la construcción y el diseño que deben tener los edificios, el equipo y las instalaciones, desde el punto de vista sanitario. El propósito es reducir la contaminación proveniente del exterior, facilitar las labores de limpieza y desinfección y evitar el ingreso de plagas. Un entorno se considera adverso o agresivo si en las cercanías hay rellenos sanitarios, zonas expuestas a inundaciones, o actividades industriales que generen o emitan contaminantes hacia la sala de proceso u otros focos de contaminación. La NOM 251-SSAI-2009, respecto de las instalaciones, determina que los establecimientos deben contar con instalaciones que eviten la contaminación de las materias primas, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Los pisos, paredes y techos del área de producción o elaboración deben ser de fácil limpieza, sin grietas o roturas. Las puertas y ventanas de las áreas de producción o elaboración deben estar provistas de protecciones para evitar la entrada de lluvia, fauna nociva o plagas, excepto puertas y ventanas que se encuentran en el área de atención al cliente. Además, establece que debe evitarse que las tuberías, conductos, rieles, vigas, cables, etc., pasen por encima de tanques y áreas de producción o elaboración donde el producto se encuentre sin envasar, o expuesto. En donde existan, deben mantenerse en buenas condiciones de mantenimiento y limpios (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA], 2017).

Se debe limpiar cualquier tipo de maleza y vegetación que se encuentre en los alrededores de las instalaciones para evitar el refugio de plagas. Los pisos deberán cubrirse de material impermeable, antideslizante, no absorbente, lavable y sin fisuras ni grietas, resistente al tránsito y a la corrosión. El declive será de 2% mínimo. Además, las paredes en áreas de manipulación y procesamiento de alimento se recubrirán con material impermeable y lavable, los ángulos deberán ser curvos a fin de facilitar las tareas de saneamiento. Los techos deben evitar la acumulación de suciedad y reducir al mínimo la condensación y formación de mohos y ser fáciles de limpiar. Las puertas serán de superficies lisas, no absorbentes y provistas de cierre automático.

Es importante también que la ventilación sea adecuada para evitar el calor excesivo, la condensación de vapor, la acumulación de polvo y para eliminar el aire contaminado. La dirección de la corriente de aire no deberá ir nunca de una zona sucia a una zona limpia. En cuanto a la iluminación, puede ser natural o artificial y no debe alterar los colores. La temperatura debe ser controlada y registrada.

Las condiciones de almacenamiento, tal como también lo establecen las BPM de alimentos (OIRSA, 2017), deben ser adecuadas al tipo de materia prima, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios que se manejen. Se debe contar con controles que prevengan la contaminación de

⁴³ La biopelícula o tapete microbiano es una comunidad de microorganismos que crecen asociados con una superficie viva o inerte. Es la forma habitual de crecimiento de las bacterias en la naturaleza.

los productos. El almacenamiento de detergentes y agentes de limpieza o agentes químicos y sustancias tóxicas se debe hacer en un lugar separado y delimitado de cualquier área de manipulación o almacenado de materias primas, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Los recipientes, frascos, botes, bolsas de detergentes y agentes de limpieza o agentes químicos y sustancias tóxicas deben estar cerrados e identificados. Las materias primas, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios deben colocarse en mesas, estibas, tarimas, anaqueles, entrepaños, estructura o cualquier superficie limpia que evite su contaminación. Los implementos o utensilios, tales como escobas, trapeadores, recogedores, fibras, y cualquier otro material empleado para la limpieza del establecimiento, deben almacenarse en un lugar específico, de tal manera que se evite la contaminación de las materias primas, los alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

Además, es importante considerar lo que se establece en la normatividad vigente antes de iniciar cualquier aventura de negocio. Cuando se elabora el proyecto técnico con la infraestructura, equipo, herramientas, además de la misma ubicación de la fábrica para llevar a cabo el proceso de transformación de la materia prima en productos de valor, se debe tener muy presente lo que aplique de la normatividad vigente de acuerdo con el giro y tipo de producto a elaborar. No es igual procesar productos cárnicos a lácteos, harinas, embutidos, mariscos, bebidas, etc., ya que para cada tipo aplica diferente normativa. Corregir errores u omisiones tiene consecuencias que van desde multas, problemas de calidad, demandas, costos innecesarios de corrección, retrabajos, recogida de producto defectuoso de anaqueles, hasta clausura de la fábrica por parte de la autoridad competente.

ACTIVIDAD:

1) Se deberán someter varias opciones de lugar de trabajo para desarrollar el proyecto (elaborar galletas), a diferentes análisis de tipo técnico y económico, de acuerdo con los siguientes criterios:

Respecto a los factores ergonómicos, verifique las dimensiones del mobiliario de la cocina (alturas de superficie de trabajo, mesa, sillas o bancos, tipo de mobiliario, dimensiones de pasillos y áreas de tránsito, etc.). Debe apoyarse en las figuras que se presentaron en el apartado 5.1 y al menos considerar esos aspectos de la instalación de la cocina (objeto de estudio). Se recomienda hacer las siguientes dos tablas, donde se especifiquen los factores cualitativos y cuantitativos, calificando cada una de las dimensiones y que sean las mismas que utilicen todos los integrantes del equipo para poder compararlas y seleccionar la que arroje mayor puntuación.

Factor ergonómico cuantitativo	Dimensión Recomendada (DEBER SER)	Dimensión Real (ES)	Puntuación otorgada*
Distancia entre superficie de trabajo y campana	65 cm		
Distancia entre superficie de trabajo y módulo superior	50 cm		
Altura del suelo hasta la superficie de trabajo	90 cm		
Altura de un banco de trabajo (para la isla)	70 cm		
Altura de la superficie de trabajo (isla)	90 cm		
Altura desde el suelo hasta la parte baja de los módulos inferiores (recoveco para meter la punta del pie de al menos 10 cm de profundidad)	10 cm		
Distancia desde la pared hasta el borde de la superficie de trabajo	60 cm		
Espacio libre en pasillo considerando una persona maniobrando en cuclillas	60 cm		

* Para cada aspecto valorado, considere 1 punto si la dimensión REAL está dentro de un margen de 3 +/- cm. Si se encuentra fuera de ese margen, asigne un valor de cero puntos. La máxima calificación será de 8 puntos, con la cual se podrá obtener el nivel de cumplimiento en porcentaje (%).

Factor ergonómico cualitativo	Nivel de cumplimiento	Puntuación otorgada**
Visibilidad y alcance para localizar y tomar un artículo en la parte inferior de la cocina		
Visibilidad y alcance para localizar y tomar un artículo en la parte superior de la cocina		
Una persona se puede mover con libertad dentro de la cocina sin tener que sortear obstáculos que impidan su movimiento		
Se cumple con la regla del triángulo (ver figuras)		
La tarja para lavar utensilios está frente a una ventana y tiene buena iluminación		
Cuando se abren las puertas interfieren con la operación o tránsito de otras personas		
Las puertas no tienen jaladeras que sobresalgan y puedan ocasionar un accidente		
SUMATORIA DE PUNTOS		

** Cumple = 1 punto; Cumple Parcialmente = 0.5 puntos; No cumple = 0 puntos. La máxima calificación será de 7 puntos, con la cual se podrá obtener el nivel de cumplimiento en porcentaje (%).

2) Se deberá hacer otra valoración, pero ahora desde el punto de vista las buenas prácticas de seguridad e higiene para el proceso de producción de alimentos, para lo cual se deberá la lista de verificación al centro de producción donde se elaborará el producto para verificar que se cumple con lo establecido por la NOM-251-SSA1-2009, que permitirá calcular el porcentaje de cumplimiento de la cocina objeto de estudio.

NOTA: Si se requiere, puede complementar la lista de verificación con otras normas aplicables al centro de producción o producto estudiado.

DISPOSICIONES GENERALES DE ESTABLECIMIENTOS	PUNTOS***
INSTALACIONES Y ÁREAS	
El establecimiento cuenta con instalaciones que evitan la contaminación de las materias primas y los productos.	
Las instalaciones del establecimiento, incluidos techos, puertas, paredes, pisos, baños, cisternas, tinacos u otros depósitos de agua; y mobiliario están limpias.	
Las instalaciones del establecimiento se encuentran en buenas condiciones de mantenimiento.	
Los pisos, paredes, techos y las uniones en las superficies de pisos o paredes recubiertas con materiales no continuos en las áreas de producción o elaboración, son de fácil limpieza.	
Las puertas y ventanas de las áreas de producción o elaboración están provistas de mosquiteros que impiden la entrada de fauna nociva.	
EQUIPOS Y UTENSILIOS	
Los equipos están instalados en forma tal que el espacio entre éstos, la pared, el techo y el piso, permite su limpieza y desinfección.	
El equipo, utensilios y materiales en contacto con materias primas y productos son lisos, lavables, sin roturas y permiten su desinfección.	
El equipo, utensilios y materiales que se emplean en la producción o elaboración son inocuos y resistentes a la corrosión.	
Los equipos de refrigeración y congelación están provistos de dispositivos para el registro de temperatura, funcionan correctamente y están en un lugar accesible para su monitoreo.	

SERVICIOS	
Cuenta con instalaciones apropiadas para el almacenamiento y distribución de agua potable.	
Cuenta con instalaciones para la limpieza de los alimentos y equipo con abastecimiento de agua potable.	
En el área de elaboración se cuenta con estación de lavado y desinfección de manos, provista de agua, jabón o detergente y desinfectante, toallas desechables o dispositivos de secado por aire caliente y depósito de basura.	
El drenaje cuenta con trampa contra olores, coladeras y canaletas con rejillas, libres de basura, sin estancamiento y en buen estado, y en su caso trampas para grasa.	
Los sanitarios cuentan con separación física completa y no tienen comunicación ni ventilación directa hacia el área de producción o elaboración.	
Los sanitarios cuentan con agua potable, retretes, lavabos, papel higiénico, jabón o detergente, toallas desechables o secador de aire de accionamiento automático y recipiente para basura con bolsa y tapa oscilante o accionada por pedal.	
La ventilación evita el calor, condensación de vapor, acumulación de humo y polvo.	
Las instalaciones de aire acondicionado no presentan goteos sobre las áreas donde las materias primas y productos están expuestos.	
La iluminación permite realizar operaciones de manera higiénica.	
ALMACENAMIENTO	
Las condiciones de almacenamiento son adecuadas al tipo de materia prima y producto que se maneja.	
Los agentes de limpieza, químicos y sustancias tóxicas se encuentran almacenados en un espacio separado y delimitado de las áreas de almacenamiento y manipulación de materias primas o producto.	
Los recipientes con agentes de limpieza, químicos y sustancias tóxicas se encuentran cerrados e identificados.	
Las materias primas y productos se colocan en mesas, estibas, tarimas, anaqueles, entrepaños, o estructura o cualquier superficie limpia que evite su contaminación.	
Cuenta con un área específica para almacenar los implementos o utensilios de limpieza para evitar la contaminación de materias primas y productos.	
Las materias primas y productos están identificados de tal manera que permite aplicar un sistema Primeras Entradas Primeras Salidas.	
Los envases y recipientes en contacto directo con la materia prima y productos se almacenan protegidos de polvo, lluvia, fauna nociva y materia extraña.	
MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA	
El equipo y utensilios se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento.	
El equipo y utensilios se encuentran limpios y desinfectados.	
Los baños no son utilizados como bodega o para fines distintos a lo que están destinados.	
CONTROL DE PLAGAS	
En los patios del establecimiento no existe equipo en desuso, desperdicios, chatarra, maleza, hierbas ni encharcamiento por drenaje insuficiente o inadecuado.	
Los drenajes cuentan con protección para evitar la entrada de plagas provenientes del alcantarillado o áreas externas.	
Existen dispositivos en buenas condiciones y localizados adecuadamente para el control de insectos y roedores (cebos, trampas, etc.)	
En las áreas de proceso no hay evidencia de plagas o fauna nociva.	
En las áreas de producción o elaboración de los productos no se observan animales domésticos o mascotas.	
MANEJO DE RESIDUOS	
Los residuos (basura, desechos o desperdicios) generados durante la producción o elaboración son retirados de las áreas cada vez que es necesario o por lo menos una vez al día.	
Los recipientes para los residuos (basura, desechos o desperdicios) están identificados y con tapa.	
NIVEL DE CUMPLIMIENTO (%)	

*** Para calificar cada aspecto valorado, considere 1 punto si el criterio se cumple. Caso contrario, asigne un valor de cero puntos. La máxima calificación será de 35 puntos, con la cual se podrá obtener el nivel de cumplimiento en porcentaje (%).

3) Una vez que se hayan valorado todas las opciones de centro de trabajo, para seleccionar la mejor opción se deberá hacer una tabla comparativa para poder visualizar aquella mejor evaluada en ambos aspectos (factores ergonómicos y seguridad e higiene), tal como la que se muestra a continuación:

Concepto evaluado	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
Factor ergonómico cuantitativo					
Factor ergonómico cualitativo					
Disposiciones NOM-251-SSA1-2009					
Puntaje total obtenido (% promedio)					

Con esta tabla debidamente completada, podrán tomar una decisión sustentada y argumentada para elegir la mejor alternativa de las disponibles, y con esa elección, se harán los siguientes entregables y será donde se fabriquen los productos, siguiendo las siguientes actividades de aprendizaje planteadas en el resto de esta obra.

5. 4. Estudio de métodos para la mejora del trabajo

Hoy día, el estudio de trabajo constituye una herramienta de vital importancia para la mejora de la productividad y la economía de las empresas. Los futuros ingenieros industriales y profesionistas deben desarrollar habilidades con soporte en conocimientos del estudio del trabajo y de la ingeniería de métodos que les permitan tomar las decisiones para mejorar las condiciones en que generan valor las empresas a través de sus procesos principales (abastecimiento, transformación y entrega). Tanto la ingeniería de métodos como el estudio de tiempos comprenden actividades como el diseño, formulación y selección de los mejores métodos, procesos, herramientas, equipos y especialidades necesarias para manufacturar un producto, después de que han sido elaborados los dibujos y planos de trabajo, como parte de la ingeniería de producto (Niegel, 1976).

El **estudio del trabajo** consiste en examinar los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización de los recursos, buscando reducir el trabajo o el uso de recursos económicos innecesario o excesivo, de tal manera que se pueda establecer el tiempo normal para la realización eficiente de esa actividad (Kanawaty, 1996). Comprende varias técnicas, e incluye el estudio de métodos y la medición del trabajo, los cuales tienen como finalidad eliminar movimientos innecesarios y sustituir métodos malos por buenos, así como reducir y eliminar tiempos improductivos.

De acuerdo con lo establecido en el portal de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (s.f.), en la constitución del organismo se establece el principio de que los trabajadores deben estar protegidos contra las enfermedades en general o las enfermedades profesionales y los accidentes resultantes de su trabajo. El estudio de los métodos de trabajo, tal como lo establecen Montaña Silva *et al.* (2018), persigue diversos propósitos, entre los cuales destacan: mejorar los procesos y procedimientos, ahorrar esfuerzo humano, reducir la fatiga y el riesgo laboral, crear mejores condiciones de trabajo, economizar el uso de materiales y maquinas, mejorar la disposición y el diseño de la fábrica, taller, equipo, etc. Es decir, el estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el propósito de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento respecto a las actividades desarrolladas.

Entre las ventajas que se destacan respecto al uso de las herramientas del estudio del trabajo, se pueden mencionar las siguientes: son un medio para aumentar la productividad mediante la reorganización del trabajo, son aplicables a cualquier empresa, constituyen un importante instrumento de investigación, contribuyen a la mejora de la seguridad y condiciones de trabajo, las mejoras obtenidas comienzan de inmediato y son de fácil aplicación.

El estudio del trabajo comprende varias técnicas, y en especial el estudio de métodos y la medición del trabajo, ambas están muy relacionadas. La **medición del trabajo** consiste en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea, buscando reducir y eliminar tiempos ociosos e improductivos. Mientras que el **estudio de métodos** se utiliza para el registro y examen crítico de cómo se realizan actividades con el fin de mejorarlas al eliminar movimientos innecesarios y sustituir métodos ineficientes por otros que generen mejores resultados; éste comprende ocho etapas fundamentales, las cuales se describen a continuación.

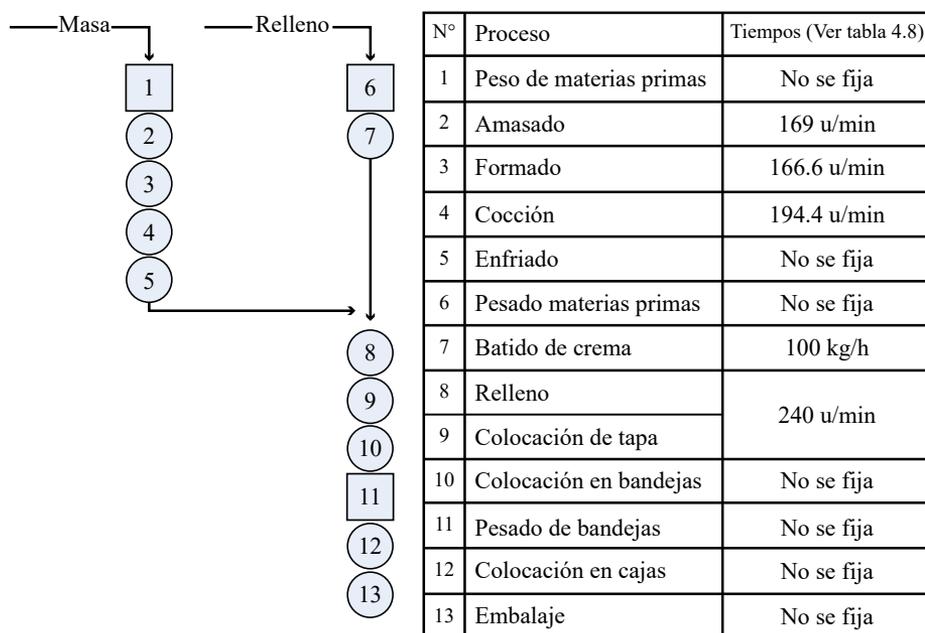
Etapas 1: Seleccionar la tarea o proceso que se va a estudiar. Para elegir la tarea a estudiar, se recomienda basarse en criterios económicos, técnicos y humanos. Los criterios utilizados para elegir qué tipo de tareas se deberán seleccionar para analizar en la empresa con fines de mejora y con una perspectiva económica, son los siguientes: son intensivas en mano de obra (MO) y muy repetitivas, generan un alto costo, originan cuellos de botella y hacen lento el flujo de operaciones, producen muchos desechos de materiales (desperdicios), suponen largos desplazamientos de material, están relacionadas con los productos que más rentabilidad generan, y su mejora tecnológica implica aumento de productividad, o sea, agotadoras e inseguras para el trabajador.

A veces es posible optimizar un trabajo con un cambio en la maquinaria o tecnología que interviene en él. Siempre, en estos casos se debe valorar el dinero, pero si la relación costo-beneficio está del lado del beneficio, siempre es mejor intentarlo. Pero más importante que esto, es que el estudio de métodos consiga evidenciar que la adquisición de nueva tecnología va a mejorar el trabajo de la organización. Además, es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones humanas, ya que existen trabajos que no le gustan al personal, bien sea por monótonos, cansados, o de alto riesgo. Si la ingeniería de métodos consigue mejorar este tipo de trabajos para que sean más cómodos para el personal, es seguro que aportará beneficios a la organización.

Etapas 2: Registrar por observación directa. En esta fase del estudio de métodos, se debe registrar todos los hechos del método existente. Esto se hace con el uso de herramientas gráficas, como los cursogramas analíticos, pictográficos, diagrama de recorrido, de hilos, de actividades múltiples o diagrama bimanual.

Un primer ejemplo es el **cursograma sinóptico**, que es un diagrama que representa las principales operaciones e inspecciones del proceso. Permite realizar una primera aproximación al método de trabajo, en otras palabras, permite registrar rápidamente y de manera superficial la totalidad del proceso antes del estudio detallado; registrando cómo se suceden las principales operaciones e inspecciones, pero sin tener en cuenta dónde, ni quién las realiza (Sanchis Gisbert, 2020). La Figura 23 muestra un ejemplo de cursograma sinóptico que representa el proceso de elaboración de una galleta con relleno.

Figura 23. *Ejemplo de cursograma sinóptico de un proceso de elaboración de galletas rellenas*



Fuente: Blanco Barberio & Herrero (2011).

Otro ejemplo es el **cursograma analítico**, el cual es un diagrama que representa todas las acciones (operación, transporte, inspección, espera y almacenaje) que tienen lugar en el desarrollo de un trabajo, mostrando la trayectoria de un producto e incluyendo los tiempos requeridos para cada acción y las distancias recorridas. Este diagrama presenta un nivel de detalle superior al sinóptico, ya que registra mayor cantidad de información, que luego podrá ser utilizada para mejorar el proceso (Sanchis Gisbert, 2020). En la Figura 24 se presenta un ejemplo de un cursograma analítico que muestra en la parte izquierda una descripción de las diferentes acciones y el registro del tiempo que requiere realizar cada una, así como la clasificación del tipo de actividad, usando la simbología requerida en estos diagramas: círculo para las operaciones, cuadrado indica una inspección, la D se refiere a una espera, una flecha representa un transporte y el triángulo invertido es almacenaje (el cuadrado junto con el círculo es una operación combinada). También se puede añadir una tabla con el resumen del total de operaciones y tiempos, así como una columna por si es necesario realizar observaciones que ayuden a una mejor interpretación del proceso.

Figura 24. Ejemplo de cursograma analítico de un proceso de producción de productos de pastelería y repostería

RESUMEN								
Simbolo	Descripción	Total de operaciones			Tiempo min.			
○	Operación	14			36.907			
⇒	Transporte	5			0.22			
⊗	Actividad combinada	2			1.991			
⊖	Demora	2			51.61			
▽	Almacenamiento	2			0			
□	Inspección	0			0			
Total		25			90,728			
Descripción de actividad		○	⇒	⊗	⊖	▽	□	Tiempo (min)
Almacenamiento de materia prima						X		0
Selección de ingredientes		X						1.683
Pesaje de ingredientes		X						3.839
Transporte de ingredientes al área de producción			X					0
Encender horno		X						0.473
Mezclar ingredientes		X						5.379
Selección de molde		X						0.154
Engrasar el molde		X						0.2475
Verter mezcla en el molde		X						1.175
Transporte de molde al horno			X					0
Meter molde a horno		X						0.29
Cocina de torta					X			40.5
Selección de ingredientes (relleno y cubierta)		X						0.9515
Pesaje ingredientes (relleno y cubierta)		X						1.397
Transporte ingredientes al area de producción			X					0
Mezclar ingredientes del relleno y cubierta		X						4.367
Verificación de cocción				X				0.176
Secado de torta del horno		X						0.264
Dejar enfriar torta					X			11.11
Transporte al área de decoración			X					0.22
Relleno de torta		X						6.677
Cubierta de torta		X						10.01
Verificación de producto final				X				1.815
Transporte área de refrigeración			X					0
Almacenamiento						X		0

Fuente: Poma Vargas & Cruz Mosquera (2022).

Asimismo, otro tipo de cursograma es el **diagrama bimanual**, cuyo objetivo principal es registrar la actividad manual (actividad de las manos o extremidades del operario, indicando la relación entre ellas). Este diagrama es similar al anterior, ya que utiliza la misma simbología, pero se enfoca a mostrar los movimientos de ambas manos y, en ocasiones, los pies del trabajador cuando están en movimiento y cuando están quietos (Sanchis Gisbert, 2020). La Figura 25 muestra un ejemplo de una parte de un proceso de fabricación de muñecas. Y también se puede añadir una columna por si es necesario realizar observaciones que ayuden a una mejor interpretación del proceso.

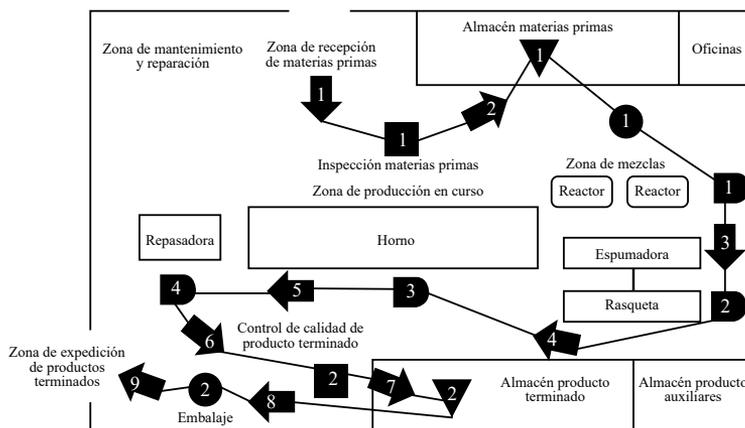
Figura 25. Ejemplo de diagrama bimanual del proceso de atornillado de un brazo a una muñeca

Descripción mano izquierda	Símbolos				Descripción mano derecha
	○	□	⇨	▽	
Coloca muñeca en soporte	●				Recoge tornillo
Recoge brazo muñeca hasta soporte			●		Sostiene tornillo
Coloca brazo sobre muñeca	●				Lleva tornillo hasta brazo muñeca
Sostiene brazo muñeca			●		Presiona el botón de atornillador automático
Retira muñeca del soporte	●				Espera

Fuente: Sanchis Gisbert (2020).

Por último, un cuarto ejemplo es el **diagrama de recorrido**, el cual es un plano bidimensional o tridimensional de la planta industrial o del área de trabajo donde se representan los desplazamientos de los trabajadores, materias primas, productos terminados, productos semielaborados, de materiales, en general, o de máquinas y equipos a través de los mismos símbolos usados en los diagramas anteriores, para mostrar las operaciones que se realizan en las diferentes áreas de trabajo (Sanchis Gisbert, 2020). La Figura 26 es un ejemplo de diagrama de recorrido a través de una planta industrial.

Figura 26. Ejemplo de diagrama de recorrido en una planta industrial



Fuente: Sanchis Gisbert (2020).

Etapa 3: Analizar lo registrado. En esta fase es importante hacer un recuento crítico respecto a la información recabada, sin perder la objetividad. Con el registro de las actividades ya se cuenta con una impresión inicial del proceso o trabajo. En esta fase es muy importante no aceptar el método actual como la mejor forma de hacer las cosas e investigar cuál es la razón lógica por la que las cosas se hacen tal como se registró.

Dicho de otra forma, examinar con espíritu crítico implica profundizar, tanto como sea posible, cada detalle en cada operación que se desarrolla por los trabajadores. Para esto, se han creado varias formas de profundizar en lo registrado. Una es la técnica del interrogatorio, que no es más que una serie de preguntas hechas de forma sistemática sobre las actividades de un proceso ya registrado.

La técnica consiste en una serie de preguntas realizadas de forma sistemática para encontrar mejores formas de llevar a cabo un proceso. Inicialmente, las preguntas buscan extraer de las

actividades que se realizan en un proceso y se busca conocer su propósito, lugar, sucesión, persona que lo realiza, así como los medios o recursos utilizados. Se realiza a través de preguntas preliminares y preguntas de fondo, cuyo objetivo es el perfeccionamiento de los métodos de trabajo.

La técnica es útil para comprender qué actividades agregan valor y qué actividades no. Lo anterior ayudará a separar actividades productivas de las no productivas; donde las primeras son aquellas que transforman el producto partiendo de su estado en materia prima a un estado de producto terminado, o si se está estudiando una empresa que produce un servicio, son las que percibe el cliente de forma directa. Las actividades que no aportan valor representan un costo que restará competitividad a la organización. Actividades como el traslado de materiales o herramientas usando el tiempo y energía de un trabajador, no aportan valor al producto, pero sí costo.

Etapas 4: Idear o establecer el método. En esta etapa se sugiere utilizar de nuevo la técnica del interrogatorio. En este paso es conveniente involucrar a todo el personal pertinente que tiene relación directa o indirecta en el proceso para idear el método que va a mejorar el trabajo o proceso que se estudió. Por lo tanto, las preguntas que se pueden utilizar son: ¿Qué se debe hacer? ¿Quién y cómo lo debe hacer? ¿Cuándo y dónde se debe hacer?

Etapas 5: Evaluar el método propuesto. En la etapa 5 se pone a prueba el método ideado y se evalúa con las herramientas utilizadas también en la etapa 2. Esto se hace para comparar a través de cursogramas, diagrama de hilos, gráfico de trayectoria o diagrama bimanual, si el método ideado genera mejores resultados que el método actual (a mejorar).

Es importante considerar que lo anterior no significa que ya se tiene implementado un nuevo método. Se debe valorar la posibilidad de hacer pruebas que permitan validar la eficiencia del método propuesto, no siempre es posible hacerlo debido a que las circunstancias no lo permiten (parar líneas de producción, cambiar configuración productiva, costos involucrados, etc.), pero si no, se puede hacer a pequeña escala.

En ocasiones no es posible evaluar el método propuesto con certeza, bien sea porque toca adquirir tecnología, o cambiar el método o cambiar infraestructura, por lo que el ingeniero de métodos deberá estimar las mejoras que se pueden obtener a través de métodos cuantitativos como ponderaciones.

Etapas 6 y 7: Definir e implantar el método propuesto. En estas etapas es necesario hacer socializaciones, formalizar cambios del método y documentar en la medida de lo necesario. En estas etapas es donde pasamos de la teoría a la acción, una vez definidos los cambios necesarios para ayudar a mejorar la situación en el proceso estudiado, es momento de implementar los cambios, que pueden ser desde muy básicos hasta una reestructuración más radical de la manera de operar y llevar a cabo las actividades de elaboración del bien o servicio.

Esta fase va acompañada de capacitación, reentrenamiento a los trabajadores involucrados en el proceso, ajustes necesarios en la propuesta de mejora y abandono del método vigente, entre otras acciones. Es conveniente estar preparados para manejar el impacto que puede causar en el personal este proceso de cambio, ya que en ocasiones es necesario reducir la plantilla de trabajadores, incorporar nueva tecnología, capacitación, entre otros, lo cual puede causar miedo o incertidumbre entre los trabajadores; es importante reducir el impacto negativo que pudiera afectar los resultados esperados.

Etapas 8: Control de la aplicación. Dicho de otra forma, es importante asegurar que el nuevo método se mantenga. Los trabajadores tienen la tendencia de regresar a hacer las actividades como siempre las han realizado, por ello se necesita mucha supervisión para dar seguimiento a los operarios hasta que se familiaricen y adapten a los nuevos métodos de trabajo.

Por lo tanto, para mantener la aplicación del método, es vital el acompañamiento constante y el reforzamiento al personal durante un periodo determinado, a fin de ajustar las posibles des-

viaciones que se vayan dando y aclarar dudas respecto a la importancia de mantener y seguir en una espiral de mejora continua.

MATERIAL COMPLEMENTARIO:

En el artículo de Morales-Mejía, Goethe-Flores, Niebles-Soto, Villareal-Escorcia, Navarro-García, Coba-Gamero y Huyke-Taboada, (2022), se presenta la aplicación del Estudio de métodos y tiempos mejoramiento del proceso de producción de chicharrón de cerdo. Puede consultarse a través del siguiente enlace: <https://revistas-cientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/4294>

5. 5. Distribución en planta y sus beneficios en la productividad

Definir la distribución en planta incluye decisiones que precisan la disposición física de los recursos dentro de una instalación; por tanto, aunque sólo sea por un principio de cercanía física, establece quién los gobernará. La **distribución en planta** es una expresión de la idea que sobre la organización tenía el diseñador y lo habitual es que existan limitaciones, ya que el diseño ideal no existe, sólo aproximaciones. La más sencilla es que la empresa ha adquirido la nave y no se van a modificar las dimensiones que definen el polígono del terreno. La más complicada de plantear y difícil de implementar se da cuando la nave ya existe, y está en funcionamiento. En ese caso, los cambios siempre serán menores y difíciles de ejecutar. Desde un punto de vista social, los aspectos cualitativos ligados al poder, su ejercicio y también al sentimiento de pertenencia son muy relevantes en el momento de diseñar la distribución en planta. Desde un punto de vista más ingenieril, la calidad de una determinada distribución en planta está directamente asociada al movimiento (de materiales, personas e información) que exige para su funcionamiento, siendo también muy relevantes aspectos como la seguridad y la flexibilidad.

Es importante considerar que, generalmente, la mayoría de las distribuciones en planta se diseñaron eficientemente para las condiciones de inicio o de arranque de la empresa, considerando para ello las restricciones iniciales de espacio, recursos disponibles, capacidad de producción, etc.; sin embargo, a medida que la organización evoluciona y crece, se debe adaptar a los cambios internos y externos, esta distribución inicial deja de ser eficiente y se vuelve menos adecuada, hasta llegar el momento en el que la redistribución se hace necesaria. Por ello, el estudio de la distribución en planta buscará la ubicación óptima de todos los recursos productivos (maquinas, equipos, mesas de trabajo, áreas de almacenamiento, de embarque, de producción, administrativas, etc.), buscando entre otros objetivos reducir al mínimo distancias entre procesos, reducir al mínimo actividades que no generan valor, evitar el riesgo de accidentes, mejorar la comunicación y facilitar el desempeño de las tareas cotidianas, con el fin de lograr una mayor eficiencia y eficacia. Sobre todo, hay que destacar que una buena distribución de planta es un aspecto estratégico que impacta directamente a la productividad de la empresa.

En la literatura especializada se encuentran diferentes tipos de distribuciones para una planta industrial, y serán más adecuadas dependiendo del tipo de producto o servicio que se genere. Así, se denomina **distribución en planta por producto** a aquella en la que los recursos se disponen de tal manera que el producto (en su viaje por los recursos) sigue un camino reconocible. Es habitual cuando el volumen de fabricación es elevado y la variedad de los productos es baja. Se denomina **distribución en planta funcional** a aquella en la que los recursos se disponen según las tareas y actividades que realizan. En ese caso, los productos viajan de un área funcional a otra. Es habitual cuando el volumen de fabricación es intermedio y los productos son similares no en

sí mismos, sino en los recursos que necesitan. Con el objetivo de vencer los inconvenientes que los diferentes tipos de distribución en planta tienen, surgen las denominadas **distribuciones en planta híbridas**. Casi todas ellas basadas en el concepto de distribución en planta en células de trabajo (García-Sabater, 2020).

En función de lo anterior, y siguiendo con el tema del proceso de elaboración de un producto a base de harina (galleta de repostería), la distribución de planta en un taller de panadería, tomado como caso de estudio; lo primero que se debe advertir es que muchos emprendedores a veces se detienen poco para planear la mejor manera de iniciar con la producción, sino que generalmente compran la maquinaria y equipo para la producción de forma paulatina y se van adaptando a las restricciones de espacio disponibles, lo cual muchas veces condiciona el tipo, tamaño y, en general, las características del equipo a comprar. No obstante, la literatura especializada en el tema sugiere que se debe comenzar por una correcta distribución de planta, es decir, planificar dónde deberá ubicarse el terreno o local, así como los equipos, instalaciones, almacenes, pasillos para movimiento de materiales y personas, oficinas, baños, etc. Además, en un buen plan se deben considerar las proyecciones para la ampliación de la empresa, y no sólo pensar en el corto plazo para cubrir las necesidades actuales.

Para realizar una adecuada distribución de planta para la producción de pan, tal como lo menciona Silva-Ibérico (2013), se deben considerar algunos de los siguientes conceptos:

- Almacén: Equipado con estantes adecuados para almacenar la harina y otros insumos. Debe tener un ambiente seco y temperatura promedio de 18 grados centígrados
- Baños: Considerar que la puerta se debe orientar hacia otro lado que no sea el área de producción
- Área de combustibles: Tanto para el diésel como para el gas, deberán ubicarse en lugares que faciliten su carga, ventilación y para cuestiones de seguridad (por ejemplo, en la azotea del lugar de producción).
- Área de fermentación: Para evitar una contaminación del producto, se sugiere destinar una cámara con cierto nivel de aislamiento
- Extractores y chimeneas: Es muy importante considerar la buena ventilación del lugar de trabajo para evacuar olores y mantener una temperatura agradable en el área de trabajo. Además, se debe considerar la extracción del calor generado por los hornos de la manera más eficiente posible para evitar que se tenga un área de trabajo muy caliente
- Distribución eléctrica: Una correcta instalación del cableado que conduce el fluido eléctrico asegurará larga vida útil para los equipos. Se deberá hacer la instalación por un técnico calificado que asegure un adecuado suministro y se considere desde el proyecto de la planta, y selección de los equipos. Además, es un tema de ahorro y seguridad para la empresa.

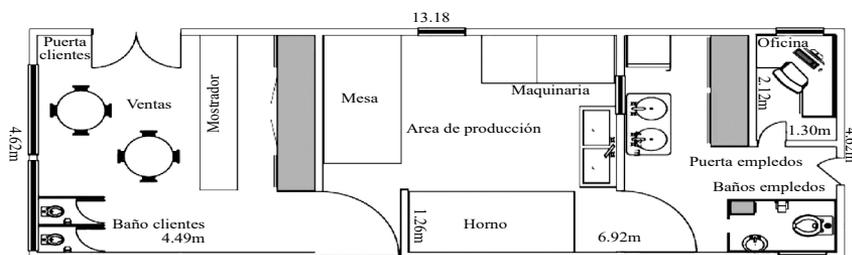
Como parte del proyecto de distribución de la planta para producir pan, es necesario considerar la parte dinámica del cualquier proceso de producción. Coordinar las operaciones implica elaborar un sistema de producción que considere los movimientos, recorridos, espacios libres, las zonas de espera (fermentación de masa, enfriamiento del pan, etc.), zonas de máquinas, trabajadores en acción, etc. Si bien este aspecto no aparece en un plano arquitectónico, lo debe realizar un ingeniero industrial considerando los planes de producción y capacidad instalada.

Por último, para comenzar a distribuir el taller de producción de pan, es importante considerar tres procesos, almacenar, pesar y amasar, esto significa la necesidad de tener cerca el almacén de materia prima, sobre todo por la harina, que regularmente se vende en paquetes de 50 kg. La

segunda secuencia de procesos es la de amasar, trasladar y hornear, considerando que el subproceso de fermentación es delicado y debe hacerse con cuidado si se debe transportar a una cámara de reposo, al igual que el traslado al horno de las charolas con el pan crudo. La última fase es la de enfriamiento, se debe llevar el producto terminado ya horneado a que se enfríe antes de poner en aparador o empacar para llevarse en ruta de distribución.

En la Figura 27 se presenta un *layout* o plano con la distribución de planta de una panadería. La distribución de planta hace referencia al ordenamiento físico de aquellos elementos que implican una estructura para sus materiales, así como un lugar para almacenar la mercadería y un espacio donde se llevan a cabo tanto el proceso de elaboración como de servicio.

Figura 27. Ejemplo de layout en una panadería



Fuente: Imagen tomada de la red.

Elaborar un *layout* implica conocer las dimensiones del lugar y representar gráficamente en un diagrama todos los elementos que se encuentren dentro de las instalaciones, usando simbología que usualmente se encuentran en las plantillas de la herramienta que se use. Pero ¿qué herramientas tecnológicas se tienen disponibles para hacer un *layout*? A continuación se expone brevemente cuáles son las aplicaciones más utilizadas:

- Floorplanner: es una aplicación que generalmente se utiliza para crear planos para diseñar casas, sin embargo, también es eficiente para diseñar estructuras con más ambientes, como almacenes o empresas, además es muy fácil de utilizar y tiene una versión limitada gratuita.
- Sweet Home 3D: esta aplicación es de descarga gratuita y también puedes utilizarla en su versión *online*; a su vez, esta *app* te permite crear planos en 2D al mismo tiempo que te permite visualizarlo en 3D. Al igual que la aplicación anterior, ésta se utiliza para diseñar casas, sin embargo, te permite crear espacios y aberturas más grandes.
- Planner 5D: esta *app* posee guías que permiten realizar tu plano de manera *online*; además, tiene una biblioteca en donde están todos los elementos o mobiliario que se desee utilizar.

Estas aplicaciones son bastante similares entre sí y poseen casi los mismos elementos y funciones, además de ser sencillas de utilizar. Sin embargo, existen otras aplicaciones como Lucidchart –que es una herramienta tecnológica muy útil–, que un estudiante de ingeniería industrial debe aprender a utilizar, no sólo porque permite elaborar *layouts*, sino que adicionalmente sirve para hacer otro tipo de dibujos de ingeniería. Asimismo, también se puede utilizar el *software* Microsoft Visio, que es una herramienta que se incluye como parte de algunas licencias de Microsoft Office. Todas las anteriores herramientas tecnológicas son muy intuitivas y, sobre todo, hay disponibles en la red diversos tutoriales que orientan al estudiante paso a paso para utilizarlas de manera más eficiente.

Por último, un tema que es de importancia estratégica para la organización es el de la **localización de planta**. Muchas microempresas nacen en el seno de un hogar y cuando comienzan a tener éxito, se convierten en un problema no sólo para los habitantes de la casa, sino para el vecindario, sobre todo cuando se tiene la producción de alimentos o artículos que generan desperdicios, ruidos, malos olores, drenajes colapsados, alto consumo de suministro eléctrico, cocheras bloqueadas por automóviles, etc. Por ello, cuando se tiene la posibilidad de elegir una localización de la empresa, es conveniente cuidar aspectos legales, normativos, técnicos, sociales, económicos, ecológicos y otros intangibles antes de tomar la decisión de donde ubicar la empresa.

Además, se debe considerar que las empresas pueden mantener las instalaciones actuales, expandirlas, crear nuevas o bien cerrar aquellas que considere no productivas. Es necesario analizar el mercado, la mano de obra, el origen de las materias primas y las posibles fluctuaciones que pueda tener el entorno de la organización. En muchas empresas se plantean problemas como restricciones de zona, abastecimiento de agua, la ubicación de los desperdicios, los sindicatos, los costos relacionados con el transporte, los impuestos, entre otros factores. La selección de una nueva localización es una decisión importante en las primeras instancias de un proyecto o estudio de factibilidad, porque ésta tiene un gran impacto en los costos futuros de producción y en la organización de la empresa, con una influencia irreversible sobre la rentabilidad de la empresa (Medina, Romero, & Pérez, 2009).

Existen algunas metodologías muy sencillas y prácticas para realizar una localización de planta, como el método cualitativo por puntos, que también es conocido como *Qualitative Factor Rating* (QFR) o de puntajes ponderados. Éste consiste en definir los principales factores determinantes de una localización para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que el evaluador les atribuye (Franco Rivera, 2016). Es importante considerar que el peso relativo, sobre la base de una suma igual a uno (1.0), depende básicamente del criterio y experiencia del evaluador. Los pasos de este sencillo procedimiento son: a) identificar los factores relevantes, b) determinar los pesos relativos a cada factor (la sumatoria debe ser igual a 1), c) asignar valores a cada factor en cada localidad (calificar nivel de cumplimiento, de 1 a 10), d) cálculo de los pesos ponderados de cada factor en cada localidad (multiplicar $b * c$) y e) determinar la localización óptima (la que alcance mayor puntuación). En la Tabla 5 se presenta un ejemplo debidamente llenado a manera de ejemplo.

Tabla 5. *Ejemplo de la aplicación del método cualitativo por puntos*

FACTOR	Peso Ponderado	Localidad A		Localidad B		Localidad C	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Disponibilidad de materia prima	0.30	5.00	1.50	8.00	2.40	9.00	2.70
Costos de insumos	0.20	8.00	1.60	9.00	1.80	7.00	1.40
Cercanía con puntos de venta	0.25	4.00	1.00	7.00	1.75	9.00	2.25

FACTOR	Peso Ponderado	Localidad A		Localidad B		Localidad C	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Mano de obra disponible	0.15	9.00	1.35	5.00	0.75	4.00	0.60
Facilidad de acceso	0.10	10.00	1.00	4.00	0.40	9.00	0.90
TOTAL	1.00		6.45		7.10		7.85

Fuente: Elaboración propia.

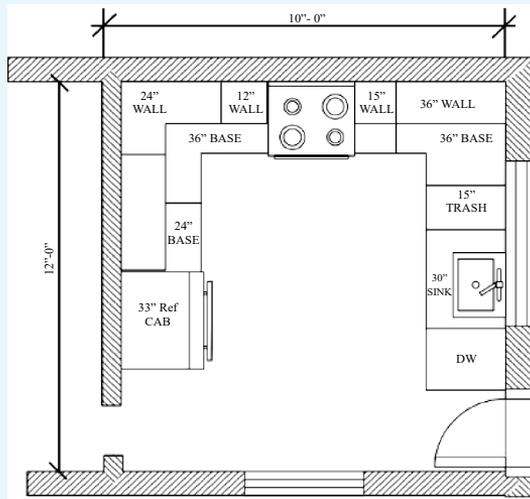
Después de la pandemia del COVID-19, las organizaciones se han adaptado a un nuevo entorno, más complejo. La globalización de las operaciones afecta tanto a las industrias manufactureras como a las de servicios. Las nuevas organizaciones se están transformando para llegar a más clientes de manera más rápida y con mejor servicio. Los cambios en los hábitos de consumo y las nuevas necesidades de los clientes, quienes exigen más por su dinero, han generado mucha presión a las empresas. La tecnología también ha dado más posibilidades para que las organizaciones se reinventen. El tema de la seguridad y la salud obligan a las empresas a invertir en tecnología, instalaciones, capacitación a empleados, sistemas de producción más eficientes, servicios de entrega con tiempos de respuesta más cortos y en general, sistemas de gestión que aseguren rentabilidad y competitividad son los nuevos retos para el empresario en este siglo XXI.

MATERIAL COMPLEMENTARIO:

En el artículo de Álvarez-Arias, De Ávila-Moore, y Hurtado-Rivera, J. (2022), se presenta la aplicación de la Metodología SLP para Redistribución de Planta en una microempresa que elabora productos de cuero. Puede consultarse a través del siguiente enlace: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/4288>

ACTIVIDAD:

1) Elaborar un dibujo del plano de las instalaciones (*layout*) del centro de trabajo seleccionado como mejor alternativa en actividades anteriores. Se sugiere utilizar el *software* Lucidchart o bien, el de Microsoft Visio. Es importante que, en la medida de lo posible, el plano elaborado refleje la realidad, que sea proporcional, esté a escala y tenga las cuotas mínimas para explicitar las medidas más relevantes de la cocina (objeto de estudio). Ejemplo:



2) Analice el proceso para la elaboración de galletas paso a paso. Primero, liste las actividades necesarias para la elaboración de galletas, considerando lo planteado en la receta e incluyendo el resto de las acciones necesarias para hacer posible la producción de un lote, partiendo desde la primera actividad (pesado de los ingredientes), hasta tener como resultado la última actividad (empaques y almacenamiento de las galletas producidas). Clasifique además cada una de estas operaciones considerando la simbología: círculo para las operaciones, cuadrado indica una inspección, D se refiere a una espera, una flecha representa un transporte y el triángulo invertido es almacenamiento (el cuadrado junto con el círculo es una operación combinada). Ejemplo:

Descripción de actividad	○	→	⊗	D	▽	□
Almacenamiento de materia prima						X
Selección de ingredientes	X					
Pesaje de ingredientes	X					
Transporte de ingredientes al área de producción		X				
Encender horno	X					
Mezclar ingredientes	X					
Selección de molde	X					
Engrasar el molde	X					
Verter mezcla en el molde	X					
Transporte de molde al horno		X				
Meter molde a horno	X					
Cocina de torta				X		
Selección de ingredientes (relleno y cubierta)	X					
Pesaje ingredientes (relleno y cubierta)	X					
Transporte ingredientes al área de producción		X				
Mezclar ingredientes del relleno y cubierta	X					
Verificación de cocción			X			
Secado de torta del horno	X					
Dejar enfriar torta				X		
Transporte al área de decoración		X				
Relleno de torta	X					
Cubierta de torta	X					
Verificación de producto final			X			
Transporte área de refrigeración		X				
Almacenamiento					X	

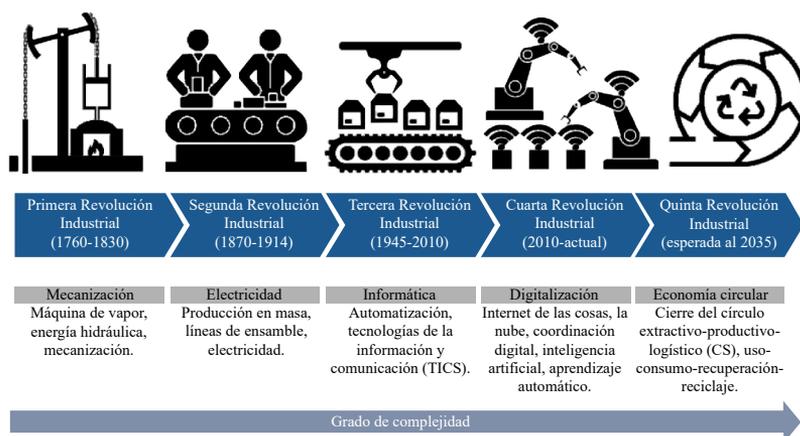
Después, considerando el *layout* de la cocina elaborado en el punto anterior, elabore un diagrama de recorrido, donde indique el flujo que mejor represente los desplazamientos de los trabajadores, materias primas, productos terminados, productos semielaborados, de materiales, en general, o de máquinas y equipos a través de los mismos símbolos usados en este tipo de diagramas, para mostrar las operaciones que se realizan en las diferentes áreas de trabajo.

5. 6. Sistemas integrados de manufactura

Hoy en día, en la llamada sociedad del conocimiento, la información y los diversos productos manufacturados pueden atravesar fronteras entre países y continentes sin mayor problema y de manera casi inmediata. Después de la pandemia del año 2019, se han tomado ciertas medidas para reorganizar las cadenas de suministro para acercar las fábricas aún más a los mercados altamente consumidores, como Estados Unidos. Si se realiza una inspección de productos manufacturados en general que se ofrecen en los mercados, seguramente se podrán observar productos con procedencias de diferentes países con variadas calidades, tiempos de entrega y precios.

El ingeniero industrial puede diagnosticar problemas empresariales y adoptar métodos científicos para resolver diferentes tipos de problemas que se presentan en la manufactura de productos, tales como aumentar la eficiencia de la producción, mejorar la calidad del producto, reducir el costo del producto, y así poder aumentar los beneficios para la empresa. Es decir, tal como lo establecen González-Hernández y Granillo-Macías (2020), la ingeniería industrial es una disciplina relacionada con la tecnología y la administración. Debido a que la llamada **Industria 4.0** tiene como elemento central la **manufactura inteligente**, las operaciones de fabricación cada vez más harán uso intensivo de la ciencia y de las tecnologías emergentes con el objetivo de mejorar de manera sustancial el diseño, la producción, la administración y la integración de todo el ciclo de vida de cualquier producto. Por eso, la manufactura inteligente representa un reto para el ingeniero industrial del siglo XXI, ya que requiere de competencias genéricas y específicas para enfrentar el desafío de la Industria 4.0. En la Figura 28 se presentan las diferentes revoluciones industriales por las que se ha pasado, incluyendo la Cuarta Revolución que actualmente se presenta, la cual está caracterizada por un fuerte componente de las tecnologías emergentes debidamente integradas.

Figura 28. *Revoluciones industriales*



Fuente: Elaboración propia a partir de Domínguez y cols. (2019).

Las industrias, para ser competitivas y hacer frente a la fuerte competencia actual de diferentes productos, deben mejorar diferentes aspectos en sus procesos de manufactura, ya que no sólo se debe pensar en tener maquinaria de última generación, sino que se debe planificar para que la fábrica trabaje como un sistema integrado de manufactura (SIM) y buscando la efectividad y eficiencia para que trabaje como una **manufactura integrada por computadora (CIM)**.

Los **sistemas integrados de manufactura** son la filosofía de la compañía en general, donde todas las tecnologías de producción deben trabajar en conjunto. Organiza la compañía como una

unidad con las entradas y salidas deseables, basados en la computadora e integrado por personas para buscar transformar los insumos o materias primas en los productos que requieren los clientes. Existe cierta confusión entre lo que es un SIM y un CIM, por lo que es importante aclarar ambos conceptos; si bien ambos se refieren a manufactura integrada, tienen como diferencia que, en el **CIM** todos los procesos trabajan bajo el control de la computadora, es decir, la necesidad de la intervención humana es eliminada, mientras que, en los SIM, los humanos aún forman parte del proceso.

Para implementar un SIM, se precisa un cambio a un nivel de los sistemas existentes, es decir, se generará un cambio que afectará a todos los niveles de la empresa, para lo cual todo el personal debe ser informado o capacitado en la filosofía y los conceptos que involucran, y además se le motive para que sientan orgullo por pertenecer a la organización. A continuación, se detallan los pasos para lograr un SIM y un CIM –propuesto por el profesor J. T. Black (Auburn University, Estados Unidos) (citado por Grágeda Altamirano y Maldonado López (2007)–, para transformar una fábrica existente en una fábrica moderna:

- **Formar células.** La célula se constituye como un grupo de procesos proyectados para fabricar una familia de piezas de un modo flexible. Los trabajadores en las células pueden operar más de una máquina y realizar más de un proceso, inclusive varios tipos diferentes de procesos. La creación de “células” de trabajo es una actividad muy compleja, pero una vez consolidado genera un aporte significativo para una manufactura flexible; es una estrategia que se consolida a largo plazo y en la que se debe invertir en proyectos eslabonados de diseño y mejora en los eslabones que componen la cadena de valor.
- **Reducir o eliminar el *setup* (tiempo de parada de la máquina).** Implementar un sistema de “cambio rápido de herramientas y matrices” (RETAD, por sus siglas en inglés), para reducir o eliminar el *setup*. Todos en la planta de la fábrica deben saber cómo reducir el tiempo de *setup*.
- **Integración de control de calidad.** El proyecto de la célula crea un ambiente que conduce al control de calidad, evitando que piezas defectuosas salgan de la célula. Todo trabajador tiene la responsabilidad y la autoridad para fabricar el producto correctamente desde la primera vez, y todas las veces.
- **Integración de mantenimiento preventivo.** Esto se refiere a la confiabilidad de las máquinas. Un programa de mantenimiento preventivo puede ser ejecutado al darse a los trabajadores las herramientas y entrenamiento adecuado para efectuar el mantenimiento del equipo.
- **Nivelar y balancear un montaje final.** Todo sistema de manufactura es nivelado (cada proceso es concebido para producir la misma cantidad de piezas a lo largo del tiempo) y balanceado para fabricar pequeños lotes (tiempos iguales), procurando reducir el problema de cambios.
- **Integración del control de la producción.** Se refiere a ligar una célula con otras células vía *kanban* (palabra japonesa que significa tarjeta visual). El *layout* actual del sistema de manufactura definirá la trayectoria que las piezas toman a través de la fábrica, iniciando con *kanbans*, que son cartones que controlan el movimiento de materiales entre los procesos.
- **Integración del control de *stock*.** Se refiere a la reducción controlada en el nivel de *stock* intermedio en las ligas entre células, ya que su aparición revela posibles problemas en ellas.

- **Extender el SIM para incluir a los proveedores.** Los proveedores deben ser capaces de entregar los materiales cuando y donde fuera necesario, sin necesidad de inspección.
- Hasta este punto, la empresa ha logrado adquirir un sistema integrado de manufactura (SIM), pero aún faltan dos pasos finales para lograr la transformación completa de la fábrica:
- **Automatizar y robotizar para resolver los problemas.** Comienza con la mecanización de operaciones, como preparar, cargar, fijar, descargar, inspeccionar, y entonces se pasa a la detección y corrección automática de problemas y defectos.
- **Uso de computadores para ligar el sistema de células al sistema de manufactura (CIM).** La aplicación total de computadores en el sistema de células ligadas entre sí es el último paso en la conversión.

Es relevante resaltar que la innovación más importante en la automatización se inició con el **control numérico (NC)** de las máquinas-herramienta. A partir de este gran avance, ha habido una rápida evolución en la automatización de la mayoría de los aspectos de manufactura. Cabe destacar que este desarrollo ha sido posible gracias al avance e incorporación de computadoras en la automatización, **control numérico computarizado (CNC)**, **control adaptable (AC)**, robots industriales, diseño, ingeniería y **manufactura asistidos por computadora (CAD/CAE/CAM)**, y sistemas de manufactura integrados por computadora (CIM). La manufactura comprende diversos niveles de automatización, dependiendo de los procesos utilizados, el producto deseado y los volúmenes de producción.

Es así como la **manufactura asistida por computadora (CAM)**, por sus siglas en inglés) comprende el uso de computadoras para auxiliar en todas las fases de manufactura de un producto. La CAM almacena y procesa las instrucciones necesarias para operar y controlar maquinaria de producción, equipo de manejo de materiales y ensayos e inspección automatizados para alcanzar la calidad de los productos. Tal como lo plantean Kalpakjian y Schmid (2008), debido a los beneficios conjuntos, a menudo el diseño asistido por computadora y la manufactura asistida por computadora se combinan en sistemas CAD/CAM. Al estandarizar el desarrollo de los productos, reducir el esfuerzo de diseño, pruebas y trabajo de los prototipos, es posible reducir de modo significativo los costos de manufactura y mejorar la productividad. Esta combinación permite transferir información de la etapa de diseño a la etapa de planeación de manufactura sin necesidad de introducir manualmente los datos.

Algunas de las posibles aplicaciones del CAD/CAM son:

- Programación de control numérico y robots industriales
- Sistemas flexibles de manufactura
- Inspección asistida por computadora
- Planeación robótica
- Diseño de herramental y soportes fijos
- Planeación y programación de procesos

A manera de síntesis, se puede decir que la automatización se ha implantado en procesos de manufactura, manejo de materiales, inspección, ensamble y empaque en proporciones crecientes. Existen diversos niveles de automatización, que van de la automatización simple de máquinas hasta celdas de manufactura sin atención del personal. Los sensores son fundamentales en el desarrollo de estas modernas tecnologías. La verdadera automatización se inició con el control numérico de las máquinas, que tiene la capacidad de flexibilizar la operación, reducir los costos

y facilitar la manufactura de diferentes partes con menos habilidad del operador. La cantidad y capacidad de producción son factores importantes en la determinación de los niveles económicos de la automatización, es decir, no siempre es viable la incorporación de procesos automatizados, será necesario hacer estudios técnico-económicos para asegurar la conveniencia de invertir en nueva tecnología.

5. 7. Manufactura esbelta y sus herramientas

En la actualidad, con un entorno tan cambiante y con la disponibilidad de un alto desarrollo tecnológico, las empresas se ven obligadas a mejorar sus sistemas productivos, e incluso la organización completa, para poder satisfacer necesidades del cliente. Por esto, frecuentemente emplean diferentes técnicas y herramientas en busca de su excelencia operacional y aumento de la productividad en sus sistemas de fabricación, como apoyo al logro de una ventaja competitiva. Entre éstas, se incluyen algunas que se basan en la filosofía de mejora continua de la gestión llamada *lean manufacturing* (manufactura esbelta), que originalmente fue presentada por Taiichi Ohno⁴⁴ como parte del Sistema de Producción Toyota (TPS), cuyo propósito es promover la cultura de mejora continua dentro de una empresa (Muñoz Pinzón, Arteaga Sarmiento, & Villamil Sandoval, 2018).

Se conoce como **manufactura esbelta** o **Sistema de Producción Toyota (TPS)** a una filosofía de gestión que se centra en la disminución de desperdicios para lograr producir más con menos recursos (tiempo, espacio, esfuerzos humanos, maquinaria, materiales). El **desperdicio** (*muda*, en japonés) es todo aquello que no agrega valor al producto desde la perspectiva del cliente: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de producto en proceso, inventario, movimiento y defectos.

Esta filosofía reúne diferentes metodologías y técnicas orientadas a incrementar la productividad de las organizaciones, a través de la mejora del flujo de la cadena de valor de sus procesos mediante la eliminación de tales desperdicios. Entre éstas se encuentran: las 5S, Mapeo de la Cadena de Valor (*Value Stream Mapping* o VSM), *Kaizen* o Mejoramiento Continuo, o cambios de herramienta en menos de 10 minutos (*Single Minute Exchange Die* o SMED), Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés), entre otros (Herrera-Vidal, Carrillo-Landazábal, Hernández-del Valle, Herrera-Vega, & Vargas-Ortiz, 2019).

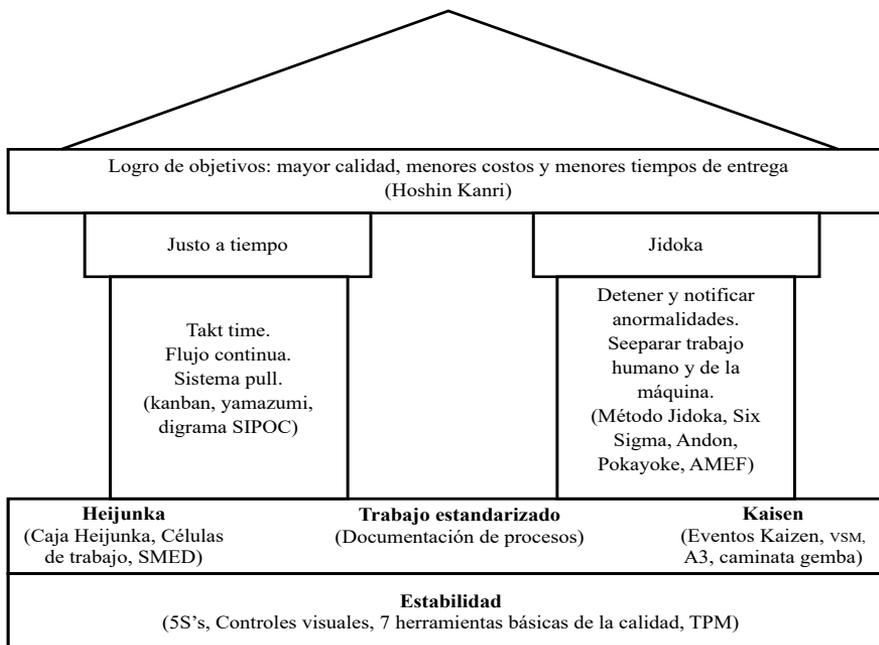
Las empresas que han implementado dichas herramientas han obtenido disminuciones considerables, que oscilan desde 50% a 20% en las áreas utilizadas, costos de producción, costo de calidad e inventarios, *lead time* y costos de compras; logrando con ello la mejora continua en los diferentes procesos y la optimización en el sistema de producción, que conllevan al uso eficiente y eficaz de los recursos, haciendo las empresas más competitivas (Vargas-Hernández, Muratilla-Bautista, & Jiménez-Castillo, 2016).

En la Figura 29 se presenta una adaptación de “La casa de la manufactura esbelta”, que es un modelo visual que representa tanto el objetivo de la filosofía como el enfoque centrado de intervención. Fue creado originalmente por Taiichi Ohno, pero en la actualidad existen diferentes versiones del modelo que incluyen diferentes principios y técnicas que los promueven (Höök & Stehn, 2008). En esta propuesta se puede apreciar que, para poder llevar a cabo estas metodo-

⁴⁴ Ingeniero que trabajó en la compañía fabricante de automóviles Toyota en Japón después de la Segunda Guerra Mundial, y llegó a ser director y vicepresidente de la misma por las grandes aportaciones que hizo en su sistema de producción: la aplicación de la filosofía del *justo a tiempo* (*Just in Time*, JIT) con el uso de un sistema sencillo y barato de tarjetas llamado *kanban*, entre otras técnicas que hoy se engloban del pensamiento esbelto.

logías, es importante sentar las bases que permitan la estabilidad en las operaciones, y es aquí donde toma importancia la implementación de herramientas como las 5S.

Figura 29. “La casa de la manufactura esbelta” y algunas de sus herramientas principales



Fuente: Elaboración propia a partir de Alefari, Salonitis, & Xu (2017); Herrera-Vidal, Carrillo-Landazábal, Hernández-del Valle, Herrera-Vega, & Vargas-Ortiz (2019).

Una metodología de mejora japonesa orientada a generar buenos hábitos en todas las áreas de trabajo para lograr una cultura de mejora laboral, es la denominada **5S** (Vargas Crisóstomo & Camero Jiménez, 2021). Su nombre proviene de cinco palabras en japonés que inician con la letra S:

- *Seiri* (seleccionar): consiste en diferenciar lo que realmente es necesario o imprescindible para completar los procesos y tareas del área con la máxima eficacia y eficiencia, reteniendo en el lugar de trabajo aquellos elementos necesarios clasificados, y eliminando lo innecesario para reducir los elementos del puesto de trabajo, de modo que sólo queden los imprescindibles.
- *Seiton* (organizar): se refiere a colocar lo necesario –determinado en el paso anterior– en un lugar fácilmente accesible, considerando criterios de seguridad (que no se puedan caer, mover o estorbar), calidad (que no se golpeen, oxiden, mezclen ni deterioren), y eficacia (que se minimice el tiempo perdido por su búsqueda).
- *Seiso* (limpieza): busca incentivar una actitud de limpieza del sitio de trabajo y la conservación de la clasificación y el orden de los elementos –logrados en los pasos anteriores.
- *Seiketsu* (estandarizar): pretende mantener lo logrado, estableciendo procedimientos y planes para mantener el orden y la limpieza, y ejecutándolos con la regularidad establecida.
- *Shitsuke* (disciplina): está orientado a la consolidación de los hábitos que implican la aplicación de las 5S en el área de trabajo.

En general, las 5S se basan en gestionar de forma sistemática los materiales y elementos de un área de trabajo, de acuerdo con estas cinco fases preestablecidas, conceptualmente muy

sencillas, pero que requieren esfuerzo y perseverancia para mantenerlas; y para ejemplificar su implementación, a continuación, se explica el caso de una cocina.⁴⁵

En este caso, la primera S implicaría separar los innecesarios, es decir, identificar todo aquello que no es necesario en el lugar de trabajo (por ejemplo, si en la mesa donde se elaborarán galletas hay herramientas no requeridas como un rayador de queso, una olla, o cualquier objeto que no pertenece a esa área, como el cargador de un celular) y asegurarse de disponer de todo lo que realmente se necesita para la operación (como los utensilios: bandeja para batir, bolillo para aplanar la masa, cortadores y charola para hornear). Luego, en la segunda S se establece un lugar para cada elemento (necesaria o no) y se sitúa cada uno en ese lugar establecido, sobre todo los elementos y materiales necesarios que deben estar en el área que se usará (la mesa de trabajo).

En la tercera S se suprime la suciedad, identificando y eliminando los focos y fuentes que la originan (como los botes de basura o las hornillas de la estufa), y ejecutando las acciones necesarias para que no vuelvan a aparecer, incluyendo la limpieza. Por su parte, en la cuarta S se señalizan anomalías, al poner elementos de control para detectar situaciones irregulares o anómalas, tales como goteras en el lavabo, cajones y puertas que no abren, etc., y, por último, en la quinta S se busca seguir mejorando, asegurando el mantenimiento y mejora de todas las S a lo largo del tiempo.

Por su parte, otra de las herramientas que se han considerado como cimiento en el modelo de “La casa de la manufactura esbelta” (ver Figura 28), además de las **7 herramientas básicas** y las 5S, es la del **mantenimiento productivo total** (del inglés *Total Productive Maintenance, TPM*), ya que su correcta aplicación se considera que da estabilidad a la llamada “casa de la manufactura”.

Como ya se mencionó, el TPM es considerado una metodología originada en Japón, que también busca crear una cultura de aprendizaje permanente y el desarrollo de hábitos de trabajo confiables, pero en este caso ligada a la maquinaria y equipo utilizado en los procesos, para evitar pérdidas asociadas con paros en la producción, mejorar la calidad y evitar accidentes. Pero primero hay que definir el concepto, y la pregunta es: ¿qué es el mantenimiento? Se define como el conjunto de actividades desarrolladas para asegurar que cualquier activo continúe desempeñando las funciones deseadas o de diseño. Originalmente esta actividad fue relacionada exclusivamente con las reparaciones (mantenimiento correctivo), lo cual fue considerado como un mal necesario, incapaz de agregar valor a los procesos de la compañía. Sin embargo, actualmente se orienta a la prevención y predicción, siendo un factor clave de la competitividad de la empresa a través del aseguramiento de su confiabilidad.

A diferencia de la visión tradicional del mantenimiento a cargo de un departamento específico, el TPM transfiere la responsabilidad del mantenimiento rutinario de los equipos a los propietarios de los procesos, y trabajadores de producción, reconociendo que son los operarios quienes mejor conocen el estado de las máquinas o procesos y son ellos los que mejor pueden prevenir las averías que se producen, siendo necesaria su cooperación para efectuar un mantenimiento adecuado (Marín-García & Mateo Martínez, 2013).

El TPM resulta difícil de implementar, ya que se requiere de la construcción de un sistema integral que se articule con otros sistemas que se manejan en la organización y con los cuales deberán trabajar de manera sincronizada (Marín-García & Mateo Martínez, 2013). La complejidad del TPM es que, además, se basa en ocho pilares: mantenimiento autónomo, mantenimiento enfocado, mantenimiento planificado, mantenimiento de la calidad, educación y capacitación, oficina TPM, gestión del desarrollo y seguridad, así como la salud y medio ambiente; es decir, son los elementos de un sistema de gestión que será necesario instrumentar y sistematizar para poder

⁴⁵ Puede complementar esta explicación viendo el video de EUSKALIT: <https://youtu.be/mtcX7Mo9VWk>

implementarlo de manera gradual y con un enfoque en la mejora continua en toda la organización (Abhishek, Rajbir, & Harwinder, 2014).

Así, el TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio; y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza. Actividades en las que se involucra al personal de producción con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema. Además, el TPM presenta las siguientes ventajas:

- Reducción de gastos de mantenimiento correctivo
- Mejoramiento de la productividad
- Mejoramiento de la calidad
- Reducción de costos operativos.
- Flujos de producción continuos
- Aprovechamiento del capital humano.

Por otro lado, es necesario aclarar que las actividades a nivel operativo del TPM se enfocan en eliminar o controlar los factores de desgaste forzoso, es decir, cuando un equipo no se utiliza según sus especificaciones técnicas de diseño, gradualmente pierde su funcionalidad; por ejemplo, un automóvil al que no se le cambia oportunamente el aceite y filtros tendrá un desgaste prematuro, reduciendo su tiempo de vida y, por lo tanto, su nivel de desempeño bajará, lo que repercutirá en su nivel de servicio y confiabilidad.

Además, tal como lo han mencionado Cabeza, Cabeza y Corredor (2010), el impacto potencial del mantenimiento al nivel de operaciones, flexibilidad logística, tiempo de abastecimiento, calidad, etc., es considerable y, además de eso, las implicaciones financieras del mantenimiento son apreciables. El reconocimiento del mantenimiento como un generador potencial de ganancias es un factor relevante y tiene que ser optimizado. En las empresas es común escuchar quejas respecto a las personas que tienen la función de atender los problemas del equipo e infraestructura cuando deben realizar el mantenimiento correctivo o preventivo. Lo anterior es debido a que cuando se debe parar la producción genera estrés en los supervisores y jefes de los procesos de producción y embarque debido a los retrasos e incumplimiento de metas que eso ocasiona. Lo correcto es que todo tipo de mantenimiento sea debidamente programado cuidando no afectar las operaciones de transformación o bien, el servicio que ofrece la empresa. Pero ¿cómo saber cuándo y qué tipo de mantenimiento requiere el equipo?

Es necesario analizar cada tipo de equipo desde diferentes enfoques, tales como su funcionamiento, frecuencia de uso, condiciones de uso, fabricante, modelo, antigüedad, etc. Lo anterior permitirá caracterizarlo y determinar posibles riesgos de que falle, posibles accidentes, además de alargar su tiempo de vida útil. En el caso de una cocina, por ejemplo, los equipos para mezclar, licuar, cortar, freír, cocer, etc., deben revisarse regularmente, mantenerlos limpios y, en su caso, realizar la reparación oportuna para asegurar su buen funcionamiento.

Una estufa limpia evitará que se acumule cochambre y se hagan costras de grasa y residuos orgánicos que no sólo afectan su buen funcionamiento, sino que serán un foco de contaminación. Una tarja que no se limpia con los solventes y desinfectantes adecuados con la frecuencia adecuada, será también un foco posible de contaminación, al igual que las tablas de cortar y vasos de licuadoras y batidoras. En muchas ocasiones, será necesario desarmar algunos accesorios de cocina para asegurarse que están debidamente limpios y sin residuos que generen gérmenes, hongos o malos olores que afecten la calidad e inocuidad de los alimentos.

De acuerdo con lo establecido en el sitio web de una empresa mexicana dedicada a la importación y distribución de refacciones industriales (BRR Refacciones Industriales, s.f.), una breve metodología muy práctica para llevar a cabo un mantenimiento preventivo industrial consiste en los siguientes 10 pasos.

1. Determinar metas: es necesario saber con exactitud qué es lo que se busca obtener del plan de mantenimiento preventivo, se debe ser concreto y establecer metas específicas que puedan ser alcanzadas
2. Determinar un presupuesto: se debe contemplar la frecuencia de mantenimiento recomendada por los fabricantes de cada una de las máquinas, así como su coste, etcétera.
3. Considerar cuáles máquinas se incluyen en el plan: para este paso es necesario tener un inventario de los equipos que hay en la planta; cada uno deberá contar con una ficha de detalles que puedan dar indicaciones para el mantenimiento, como pueden ser los repuestos necesarios, consumibles, documentos, herramientas, normas de seguridad, etcétera.
4. Revisar mantenimientos previos: este paso servirá para conocer cuáles son los sistemas que han tenido mantenimiento, quiénes fueron responsables de llevarlo a cabo, qué repuestos se utilizaron, en qué fechas o con qué frecuencia se han hecho, etc. Cuando no existe un registro previo, deberá comenzar desde cero.
5. Revisar los manuales de todos los equipos: las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes son importantes, al igual que los plazos de garantía, por eso se deben incluir estos datos en el manual de mantenimiento preventivo para conocer el tiempo de vida esperado, tipo de lubricación requerida y medidas de seguridad de cada máquina.
6. Obligaciones legales: es necesario revisar cuáles son las normas que debe cubrir el mantenimiento en cada fábrica, éstas pueden ser impuestas gubernamentalmente o quizá puedan ser requisitos para estándares de calidad y certificaciones.
7. Destinar responsables: se debe considerar a todos los operadores que vayan a participar en el plan de mantenimiento, clasificar a los técnicos en grupos y especialidades es una gran recomendación, teniendo claro entonces quiénes son expertos en qué tema y cuáles son las intervenciones que pueden hacer.
8. Determinar el tipo de mantenimiento: se debe decidir si el mantenimiento tendrá intervenciones en periodos fijos o cuáles serán los parámetros que decidirán el momento de llevarlo a cabo
9. Ejecutar el plan: este es el momento en que se llevan a cabo todas las acciones planeadas en los puntos anteriores, tales intervenciones cuentan con alertas que avisan un poco antes de su ejecución, para poder estar listos para la acción.
10. Revisar el plan: los planes de mantenimiento preventivo industrial son programas activos que se revisan con frecuencia, manteniendo al día informes y ajustes que faciliten las acciones posteriores

Es importante resaltar que no es cuestión de solamente dar el servicio oportuno de mantenimiento a ciertos equipos cuando éstos fallen o comiencen a dar indicios de una baja en su desempeño. Lo más importante es generar un sistema de gestión eficiente que oriente y permita coordinar operaciones de mantenimiento a equipos y herramientas que son necesarios para la generación de valor a la empresa. Claro que, para ello, es necesario generar pequeños tarjetones o un kardex (manual o electrónico) que permita dar seguimiento a cada equipo y asignar a los responsables de hacerlo, definir cuándo hacerlo, así como presupuestar los recursos en general para llevarlo a cabo.

Además, como ya se ha mencionado, las fichas de mantenimiento tienen que ser específicas de cada máquina. Así, será posible realizar un seguimiento más exhaustivo de las tareas de mantenimiento. La información básica que debe contener una ficha de mantenimiento, de acuerdo con lo sugerido por García (2022), es la siguiente:

- Datos de identificación de la máquina a revisar, incluyendo su marca, modelo, referencia y ubicación.
- Fecha de la última revisión y cuándo se debe volver a realizar.
- Autorización del responsable de mantenimiento.
- Lista de puntos críticos a comprobar.
- Lista de las piezas a sustituir (en caso de tener que hacerlo).
- Referencias de recambios específicos.
- Tiempo invertido en cada tarea de mantenimiento.
- Campo de observaciones.
- Identificación y firma del técnico que hace la inspección.

Por último, con la ficha de mantenimiento debidamente generada (ver ejemplo en la Figura 29), ahora será posible crear un *checklist* personalizado y adaptado para la inspección de cada máquina, pudiendo ser en un formato manual (en papel) o bien, a través de la plataforma web. Después será posible imprimir un código QR que contenga los datos prellenados de identificación de la maquinaria. Así, el técnico sólo tiene que utilizar su dispositivo inteligente para escanear el código QR y realizar la inspección. En la Figura 30 se presenta un ejemplo de una ficha técnica de un equipo y su correspondiente hoja de vida de los puntos de venta de la empresa Hornitos Panadería y Pastelería en Colombia (Mosquera Alzate & Ovalle Gómez, 2021).

Figura 30. *Ficha técnica y hoja de vida de equipo como apoyo para el mantenimiento*

		Panadería y Pastelería HORNITOS		Versión: 01		
		Ficha técnica de equipo		Página 1 de 1		
Nombre de equipo o máquina		CONGELADOR MESA COCINA FRÍA		Operación (h) 720		
Calificación por frecuencia		Calificación por consecuencia		Críticidad del fallo		
4		103		MEDIA-BAJA		
Especificaciones técnicas						
CODIGO	RC001	POTENCIA (HP)	1/3			
MARCA	TRUE	ALIMENTACIÓN	1107			
MODELO	TUC-27F-HC	TIPO RANGO/OPERACIÓN	CONGELACIÓN			
SERIAL	8860132	UBICACIÓN EN EL PUNTO	COCINA			
FECHA FABRICACIÓN	jun-16	PUNTO DE VENTA	AMERICANAS			
DIMENSIONES (LxHxA)m	0,70x0,80x0,80	PAÍS DE ORIGEN	U.S.A.			
REPRESENTANTE	INDUSTRIAL TAYLOR	CONTACTO PROVEEDOR	(1) 3578400			
Frecuencia de mantenimiento						
MENSUAL		TRIMESTRAL		SEMESTRAL		
Imagen del equipo						
		Panadería y Pastelería HORNITOS		Versión: 01		
		Hoja de vida de equipos		Página 1 de 1		
Nombre de equipo o máquina		CONGELADOR MESA COCINA FRÍA		Operación (h)		
Código		RC001				
Calificación por frecuencia		Calificación por consecuencias		Críticidad del fallo		
OT DESCRIPCIÓN						
xxx	Tipo mantenimiento	Preventivo	x	Correctivo	Observaciones	Mantenimiento
						Fecha mto
						Hora ingreso
						Hora salida
Realizado por:						

Fuente: Mosquera Alzate & Ovalle Gómez (2021).

Por último, el plan de mantenimiento preventivo es un cronograma anual que enmarca todas las rutinas de mantenimiento correspondientes para cada equipo; especificando, de acuerdo con la periodicidad definida en los procedimientos, que tipo de labores se deben realizar mes a mes a los equipos (ver Tabla 8).

Tabla 8. *Plan de mantenimiento preventivo*

Código	Descripción técnica	Marca	Modelo	Descripción de actividad de mto.	Frecuencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
E001	Batidora industrial	Unifiller	BA-X1	Inspección y verificación	M,T,S	M	M	T	M	S	T	M	M	T	M	M	S
M001	Estufa industrial	European	ES-Z23	Inspección y verificación	M,T,S	M	M	T	M	S	T	M	M	T	M	M	S
E002	Cortadoras de masa	European	CO-W22	Inspección y verificación	T			T			T			T			T
E003	Charolas para hornear	European	CH-X22	Inspección y verificación	T			T			T			T			T
M002	Amasadora industrial	Unifiller	AM-33	Inspección y verificación	T, S y A			T			S			T			A
TOTAL						2	2	5	2	2	5	2	2	5	2	2	5
M						Mto. preventivo mensual											
T						Mto. preventivo trimestral											
S						Mto. preventivo semestral											
A						Mto. preventivo anual											

Fuente: Elaboración propia.

Se recomienda elaborar el cronograma o plan de mantenimiento de los equipos teniendo en cuenta recomendaciones del fabricante y sus manuales de operación, evaluando la necesidad de cada equipo según su aplicación. Dentro del cronograma se especifica con un número la frecuencia o periodicidad que corresponde a la labor de mantenimiento para cada uno de los meses. Esto es de gran utilidad para que el coordinador de mantenimiento que asigna los trabajos, así como el técnico que los ejecuta, tengan mayor claridad respecto a cuándo deben programar el mantenimiento a cada equipo, de acuerdo con su naturaleza.

ACTIVIDAD:

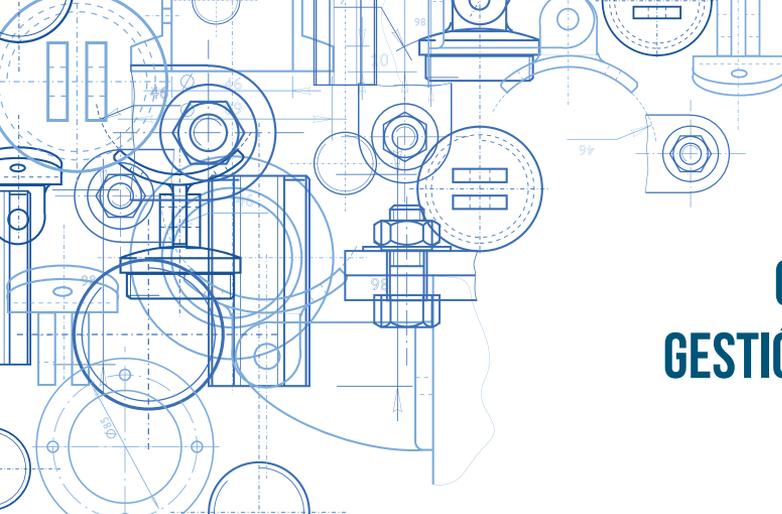
Identificar el equipo y herramientas requeridos para realizar la actividad de elaboración de galletas, de acuerdo con la receta proporcionada (estufa, charolas para horneado, cortadores, área de lavado, etc.).

Listar el equipo y herramientas que se requieren para producir un lote de galletas de acuerdo con la receta proporcionada. Puede usar una tabla con la siguiente:

Código	Descripción técnica	Marca	Modelo

Elabore una ficha técnica de mantenimiento para al menos cinco equipos y herramientas que son críticos para la producción de galletas considerando lo sugerido por García (2022). Puede diseñar un formato como el presentado en la Figura 29.

Elabore un plan de mantenimiento preventivo considerando los equipos y herramientas más importantes para la producción de galletas usando una hoja en Excel (ver Tabla 8).



CAPÍTULO 6. GESTIÓN DE LA CALIDAD

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya terminado de estudiar este capítulo, usted estará en condiciones de:

1. Explicar qué es la calidad y cómo ha evolucionado en las últimas décadas.
2. Identificar normas que establecen estándares internacionales para la gestión de la calidad.
3. Describir cuáles son las herramientas básicas de apoyo en la gestión de la calidad.
4. Crear gráficos para controlar variables importantes en los procesos.
5. Elaborar diagramas de Pareto para priorizar la atención de posibles problemáticas presentes en un proceso.
6. Realizar análisis de causas de problemas identificados en los procesos.

Introducción

Este capítulo se inicia definiendo el concepto de *calidad*, se explica cómo ha evolucionado a través de los años; además, se mencionan algunos personajes y sus aportes más significativos para el logro de esta evolución. Asimismo, se mencionan algunos de los premios, modelos y normativas más importantes que reconocen a las empresas que gestionan sus sistemas de calidad.

Posteriormente, se detalla uno de los estándares más utilizados: la familia de normas ISO 9000, y el modelo que se propone para la gestión de la calidad en las organizaciones. Luego, se presentan las siete herramientas básicas de la calidad originales: hoja de control, estratificación, histograma, diagrama de Pareto, diagrama de dispersión, gráfico de control y diagrama causa-efecto.

Asimismo, se mencionan los diferentes tipos de gráficos de control que pueden desarrollarse para identificar fuentes de variabilidad en un proceso, y se detalla el procedimiento para crear gráficos de control de medias y rangos ($\bar{x} - R$), ejemplificando con un caso resuelto donde se utilizó Google Sheets.

De la misma manera, se explica cómo elaborar un diagrama de Pareto en Google Sheets, resaltando la importancia de su utilización cuando se requiere priorizar en los asuntos más importantes que requieren atención inmediata para la mejora de un proceso.

Por último, el capítulo termina con la explicación detallada para realizar el análisis causa-efecto o diagramas Ishikawa, que es una herramienta ampliamente utilizada en todas las disciplinas para identificar las causas probables de cualquier tipo de problema.

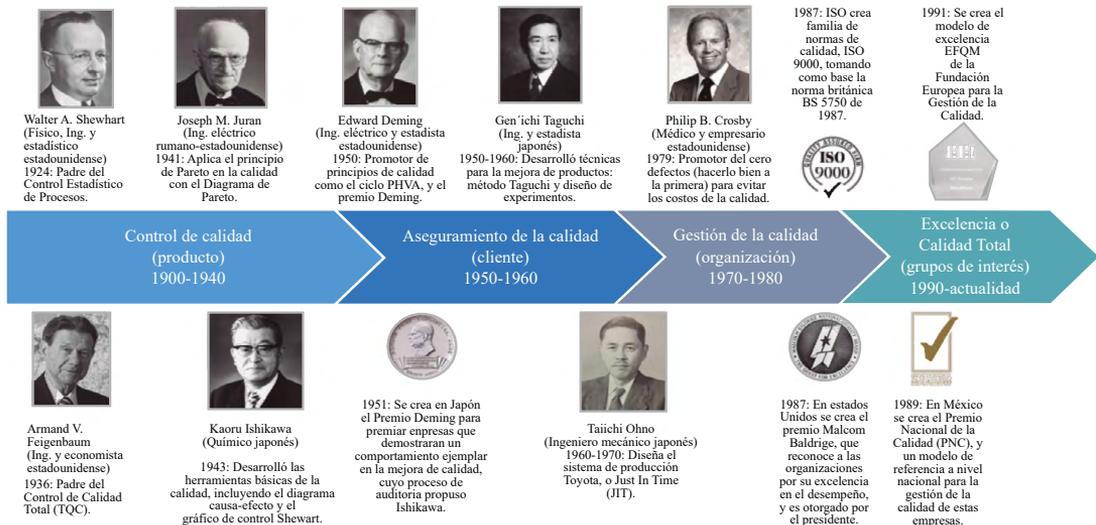
6. 1. Evolución del concepto de calidad

Calidad es una palabra que se encuentra presente en muchos ámbitos de la vida, y generalmente se asocia con algo “bien hecho” o que cumple con las expectativas. En ingeniería industrial, este concepto cobra especial relevancia porque va unido al tema de los procesos organizacionales, donde este profesionalista tiene injerencia.

Existen diferentes definiciones del término, pero simplificándolo, se puede decir que **calidad** es el grado en el que las características de un objeto cumplen con los requisitos previamente establecidos; por ello, normalmente el término es acompañado de adjetivos tales como pobre, buena o excelente (International Organization for Standardization [ISO], 2015).

Este concepto aplicado en las organizaciones no es nada nuevo y, como muchas otras disciplinas, su desarrollo se detonó después de la Segunda Guerra Mundial (ver Figura 31), ya que antes, entre 1900 y 1940, se consideraba que la calidad sólo era identificar los productos defectuosos en la industria para evitar enviárselos al cliente. Inicialmente la aplicación del concepto se limitaba a la inspección de productos y la eliminación de aquellos defectuosos, hasta que, en 1924, **Walter A. Shewhart**⁴⁶ estableció los principios esenciales del **control estadístico de procesos**, el cual se centra en monitorear el proceso para detectar cualquier tipo de variación no esperada que pudiera afectar a la calidad del producto, de tal manera que se evitará la generación de los defectos (Murrieta Saavedra, Ochoa Ávila, & Carballo Mendivil, 2019).

Figura 31. *Evolución del concepto de calidad: principales exponentes, normas y modelos*



Fuente: Elaboración propia a partir de Murrieta Saavedra, Ochoa Ávila, & Carballo Mendivil (2019).

A este inicio de la aplicación de la calidad se le llamó *control de calidad*, y tuvo su manifestación más importante en las décadas de 1930 y 1940, cuando aparece **Armand V. Feigenbaum**,⁴⁷ quien acuña el concepto del **control total de la calidad (TQC)**, viendo a la calidad con un en-

⁴⁶ Físico, ingeniero y estadístico estadounidense (1891-1967), conocido como el padre del control estadístico de la calidad.

⁴⁷ Ingeniero y economista estadounidense (1922-2014), creador del concepto del *control total de la calidad*, luego conocido como *administración de calidad total* (TQM por sus siglas en inglés).

foque sistémico, es decir, no sólo como responsabilidad del departamento de producción, sino de toda la organización y orientada hacia la excelencia, y no hacia los defectos, como se venía realizando. En este nuevo enfoque, que luego se conoció como administración de calidad total, el término calidad no significaba mejor, sino que se relacionaba con el servicio y precio que pagan los clientes por él.

El TQC pronto se perfeccionaría con las aportaciones de tres personajes: a) **Kauro Ishikawa**,⁴⁸ cuyo principal aporte técnico fue el desarrollo de los métodos estadísticos prácticos y accesibles para ese tiempo: las **herramientas básicas de la calidad**, dentro de las cuales se incluía el **gráfico de control** de Shewhart, orientadas a la identificación de problemas mediante el análisis de datos de la variabilidad de los procesos para evitar los defectos desde la raíz, eliminando la inspección; b) **Joseph M. Jurán**,⁴⁹ quien amplió la aplicación del llamado principio de Pareto a cuestiones de calidad, que establece, por ejemplo, que 80% de los defectos es producido por 20% de las causas, y propone el uso de la herramienta denominada **Diagrama de Pareto** que permite identificar “las pocas vitales y muchas triviales” y así priorizar esfuerzos en 20% de las causas de problemas para mejorar 80% de los efectos; y c) **W. Edward Deming**, promotor de principios y conceptos de calidad como el **ciclo PHVA**, propuso crear en Japón un premio para empresas de ese país que demostraran un comportamiento ejemplar en la mejora de calidad: el **premio Deming**, cuyo proceso de auditoría propuso Ishikawa.

Posteriormente aparece el estadista japonés **Gen'ichi Taguchi**,⁵⁰ quien durante las décadas de 1950 y 1960, y basado en la filosofía de Deming, desarrolló una metodología para la aplicación de la estadística en la mejora de la calidad de los productos: el **método Taguchi**, que promueve establecer límites de control de calidad y desechar a los que no cumplan con ésta. Adicionalmente, contribuyó a mejorar la ingeniería de productos a través de técnicas del **diseño de experimentos** para identificar las variables de diseño más importantes, a fin de minimizar los efectos de los factores no controlables en la variación de productos bajo un enfoque que atacaba el problema de la calidad desde el diseño, indicando que es más barato rediseñar los procesos de fabricación y productos, que realizar acciones de mejora de la calidad tras una auditoría. Con estas aportaciones se cambia el enfoque de la calidad; del control de calidad, cuyo objetivo es detectar las deficiencias, al **aseguramiento de la calidad**, cuya finalidad es evitar que se produzcan dichas deficiencias.

En la década de 1970 aparece **Philip B. Crosby**,⁵¹ quien a través de su empresa de consultoría ayudó a empresas de Estados Unidos a afrontar la crisis que se vivió a finales de esta década e inicios de 1980, cuando los empresarios norteamericanos estaban perdiendo mercados frente a los productos japoneses debido a la superioridad de estos últimos. Sus aportaciones se pueden resumir en el principio del “**cero defectos**”, es decir, “**hacerlo bien desde la primera vez**”, basado en el sistema japonés de producción Toyota creado por **Taiichi Ohno**,⁵² para lo cual primeramente

⁴⁸ Químico japonés (1915-1989), considerado como el padre del análisis científico de las causas de problemas en procesos industriales, que dio nombre al diagrama Ishikawa, cuyos gráficos agrupan por categorías todas las causas de los problemas.

⁴⁹ Ingeniero eléctrico rumano-estadounidense (1904-2008) experto en calidad, que agrupó las acciones de calidad en tres categorías: a) planificación, donde se busca identificar, determinar las necesidades y desarrollar un producto que satisfaga las expectativas del cliente, b) mejora, donde se prueba que la producción es buena requiriendo inspección, y c) control, donde se busca desarrollar un proceso capaz de elaborar un producto.

⁵⁰ Ingeniero y estadista japonés (1924-2012), conocido por sus aportaciones a la aplicación de la estadística para la mejora de la calidad con su método Taguchi, así como en el diseño de experimentos.

⁵¹ Médico y empresario estadounidense (1926-2001) que hacía hincapié en la necesidad de que las organizaciones eficientes comprendan la importancia de determinar los requerimientos del cliente, definiéndolos lo más claramente posible para después generar los productos u ofrecer los servicios que responderán a ellos.

⁵² Ingeniero mecánico japonés (1912-1990), conocido por diseñar el sistema de producción Toyota, método Toyoda o *Just In Time* (JIT), que trata del diseño adecuado de un proceso para que los materiales y productos intermedios requeridos alcancen la línea de producción justo en el momento y en la cantidad en que sean necesarios, logrando así aproximarse al inventario cero.

consideraba necesario traducir los requerimientos del cliente en características medibles lo más claramente posible, para después generar los productos u ofrecer los servicios que responderán a ellos; luego, bajo una filosofía de prevención de defectos, y no en su corrección, con la cual se podrán evitar los **costos de la calidad**.

En esta etapa de aseguramiento de calidad, durante la década de 1980, empiezan a surgir diversos modelos que premiaban en las empresas la calidad del producto desde los procesos. Primeramente, el ISO crea familia de normas de calidad **ISO 9000**, tomando como base la norma británica BS 5750 de 1987. Este mismo año, en Estados Unidos se diseña el premio **Malcom Baldrige**, nombrado así en honor a un político de ese país; este premio reconoce a las organizaciones por su excelencia en el desempeño, y es otorgado por el presidente. Con estas iniciativas, el enfoque ya no sólo se centraba en el aseguramiento de la calidad, ahora incluía también el énfasis en la **gestión de la calidad** que, de acuerdo con la definición establecida por ISO (2015), considera a todas las actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización con el propósito de establecer la política de calidad, los objetivos de la calidad, la planificación, el control, el aseguramiento y la mejora de calidad. Por su parte, esta tendencia de establecer premios y modelos de la calidad también llegó a México, donde en 1989 se establece el **Premio Nacional de la Calidad (PNC)** que otorga el gobierno de México a empresas e instituciones mexicanas, y es un modelo de referencia a nivel nacional para la gestión de la calidad de estas empresas.

Posteriormente, en Europa se crea la Fundación Europea para la Gestión de la Calidad (EFQM, por sus siglas en inglés), y en 1991 aparece el **modelo de excelencia EFQM** como una herramienta que sirve a las organizaciones en su camino a la excelencia, ayudándoles a entender las carencias y proponiendo soluciones. A partir de aquí, y considerando los cambios en el contexto, todos los modelos y premios antes mencionados se robustecen y amplían su cobertura progresivamente con el paso del tiempo en nuevas versiones, cambiando sus planteamientos hacia lo que se llama **excelencia o calidad total**, donde no sólo es importante la calidad del producto, la satisfacción de los clientes o el desarrollo de la organización, sino que cada vez van tomando mayor protagonismo los **grupos de interés** para la organización: clientes, accionistas, empleados de la organización, proveedores y sociedad en general.

6. 2. Estándares ISO y su modelo de Sistema de Gestión de Calidad

En la actualidad, uno de los mayores propulsores de la calidad a nivel internacional es la ISO. Esta organización no gubernamental es una red mundial de organismos de normalización de 168 diferentes países, México incluido, a través de los cuales reúne a expertos para compartir conocimientos y desarrollar normas internacionales voluntarias, basadas en el consenso y relevantes para el mercado, que respaldan la innovación y brindan soluciones a los desafíos globales (International Organization for Standardization [ISO], s.f.), aunque también publica informes técnicos,⁵³ especificaciones técnicas,⁵⁴ erratas técnicas⁵⁵ y guías.⁵⁶

⁵³ Los informes técnicos (TR) reúnen información como referencias y explicaciones, como la ISO/TR 10017, que establece orientación sobre las técnicas estadísticas para la norma ISO 9001:2000.

⁵⁴ Las especificaciones técnicas (TS) se crean cuando el tema en cuestión está todavía bajo desarrollo o existe la posibilidad en un futuro no inmediato de publicar una norma, tal como la ISO/TS 9002:2016, la cual presenta directrices para la aplicación de la Norma ISO 9001:2015.

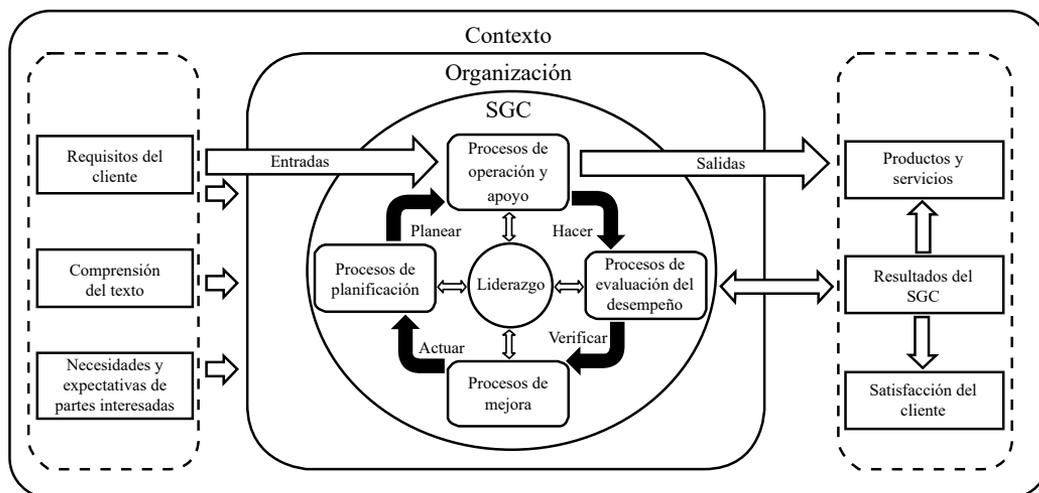
⁵⁵ Las erratas técnicas son enmiendas hechas a estándares ya existentes para su mejora.

⁵⁶ Las guías son *metaestándares* que cubren materias relacionadas con la normalización, tal como la ISO/IEC Guide 68:2002, donde se presentan acuerdos para el reconocimiento y la aceptación de los resultados de la evaluación de la conformidad.

Los estándares ISO son una fórmula que describe la mejor manera de hacer algo. Por ejemplo, en el tema de calidad, los estándares establecidos en la **familia de normas ISO 9000**, de los más populares, ayudan a trabajar de manera más eficiente y reducir las fallas del producto. Específicamente, la norma ISO 9001 establece los criterios para un sistema de gestión de calidad y es el único estándar de la familia que puede certificarse (aunque esto no es un requisito); actualmente hay más de un millón de organizaciones certificadas con ISO 9001 en el mundo, siendo México el segundo país con más certificados en Latinoamérica (GlobalSTD, 2021).

Como se establece en la ISO 9000 (2015): un **sistema de gestión de calidad (SGC)** es un conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan –relacionados con la calidad– para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr estos objetivos, y como cualquier sistema, se puede representar esquemáticamente. Como se ilustra en la Figura 32, los elementos principales del SGC de una organización se componen por procesos en cada una de las fases del ciclo PHVA, coordinados bajo el liderazgo de la alta dirección; a través de los cuales se transforman las entradas, que son los elementos del contexto que le afectan, los requisitos del cliente y las necesidades y expectativas de otras partes interesadas, en salidas, que no sólo son los productos y servicios consistentes y de buena calidad que ofrece al mercado y llevan a la satisfacción del cliente, sino todos los demás resultados del SGC, como los beneficios financieros esperados por los accionistas.

Figura 32. *Modelo de un sistema de gestión de calidad (SGC)*



Fuente: Elaboración propia a partir de la norma ISO 9001 (2015).

Como se observa en la Figura 31, uno de los principios en los que se basa un SGC es la **mejora continua**, la cual va a ser realidad gracias a la **evaluación del desempeño** que, de acuerdo con lo que indica la norma ISO 9001 (2015), puede hacerse a través de procesos de **auditoría**⁵⁷ con los cuales se obtienen **datos** que respaldan la existencia o veracidad de algo, y se evalúan de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los requisitos de referencia.

⁵⁷ Una auditoría es un proceso de evaluación sistemático, independiente y documentado que busca obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva, con el fin de determinar el grado en el que se cumplen los criterios establecidos previamente.

Cuando en las auditorías se usan los requisitos de la norma ISO 9001, por ejemplo, se espera encontrar evidencias de que la organización ha determinado: a) qué necesita seguimiento y medición; b) los métodos que usará; c) cuándo se deben llevar a cabo; y d) cuándo se deben analizar y evaluar los resultados obtenidos con este seguimiento y la medición.

ACTIVIDAD:

En equipo, implementar el proceso productivo previamente planeado, donde cada integrante adoptará el rol previamente asignado (supervisor, operador, proveedor, empacador, etc.).

NOTA: Se deberá generar un video donde se evidencie el desarrollo de la actividad y que pueda ser revisado posteriormente para efecto de análisis y mejora. Es muy importante que todos los integrantes del equipo aparezcan en el video y cada uno se presente al inicio indicando el(los) rol(es) que desempeñarán en el proceso de fabricación.

Adicionalmente, es importante que durante la implementación del proceso se dé seguimiento y medición de los requisitos del cliente respecto al producto (paquete de galletas), de la forma en que la organización ha determinado, las cual se explica a continuación.

Dimensión	Requisitos del cliente
Galleta	Diámetro: 40 mm. Grosor: 3 mm. Color: dorado.
Empaque	Paquete: 10 galletas. Empaque: que no supere el costo de \$1.50 de materiales por paquete, e incluya los datos de identificación (fecha de elaboración, lote, responsable del lote).

Para realizar el análisis correspondiente del proceso de elaboración, es necesario que realicen las mediciones de cada uno de los productos y anotarlos en las hojas de control correspondientes, indicando el nombre del producto y el número de lote (charola donde se hornearon), cuándo se hizo la toma de datos y quién fue la persona encargada de realizar las mediciones, así como cada una de las medidas obtenidas para cada uno de las piezas (galletas): a) cuantitativas, de cada dimensión bajo análisis (diámetro o grosor) en milímetros, y b) cualitativas, relacionadas con su apariencia física, indicando si cumple o no con las siguientes características: color (que sea dorado uniforme, no quemado, ni descolorido), su integridad (que no se quiebre), forma (redonda simétrica), y textura (que sea firme, no blanda). Anotar, además, como observación cualquier otro dato para las piezas que no cumplen con las especificaciones, que pueda ser útil para el análisis posterior del proceso, tal como la coordenada en la charola de éstas, quién, y cómo se hizo la preparación, a qué hora, características del equipo usado, tiempos de preparación o cualquier eventualidad durante el proceso.

Las hojas de control para medir las variables cuantitativas por pieza (diámetro y grosor) podrían verse como se ejemplifica en el siguiente formato. NOTA: Puede editar el número de columnas y filas en función de su tamaño de lote.

6. 3. Introducción a las herramientas básicas de la calidad

Como ya se ha mencionado, en las décadas de 1940 y 1950 Ishikawa recopiló y agrupó una serie de técnicas estadísticas sencillas que cualquier trabajador podría poner en práctica, y las denominó las **7 herramientas básicas** de la calidad, indicando que 95% de todos los problemas de producción de las empresas podría resolverse si se apoyaban en su uso (López Lemos, 2013). En este apartado se presentan estas herramientas básicas tradicionales: hoja de control, diagrama de Pareto, diagrama de dispersión, diagrama de causa-efecto (diagrama de Ishikawa), y gráfico de control, detallando algunas de ellas en apartados posteriores.

- 1) **Hoja de control.** No es como tal una herramienta para analizar, pero es vital utilizarla en todo estudio, ya que son los formatos diseñados especialmente para recoger los datos de la actividad o proceso de interés, de manera sistemática y organizada para su posterior análisis. De acuerdo con su forma, también puede llamarse lista de verificación (*checklist*). Ver ejemplos en la actividad del apartado anterior.
- 2) **Estratificación.** Al igual que la anterior, la estratificación no es una herramienta de análisis por sí sola, sino que es un procedimiento que consiste en clasificar y mostrar gráficamente una serie de datos disponibles por grupos por características similares. Por esta razón, cuando se habla de las 7 herramientas básicas, algunos autores suelen sustituir la estratificación por los diagramas de flujo o flujogramas (que se explican en el capítulo 3 de este libro), aunque éstos no fueron incluidos originalmente en la recopilación original de Ishikawa.

Un ejemplo de aplicación de este procedimiento se puede observar en la Tabla 9, un caso donde se tiene interés en evaluar los problemas más importantes por los que las piezas son rechazadas cuando se inspeccionan; para realizar tal evaluación se estratifican los rechazos por tipo y por departamento que produjo la pieza, indicando la frecuencia con que han ocurrido y el departamento donde se originaron en cierto periodo. Con su uso se puede identificar que el problema principal es el llenado de las piezas (60 de 120, es decir, 50% del total de rechazos), por lo que debe atenderse de manera prioritaria y analizar con detalle sus causas. Adicionalmente, se observa que esta falla se da principalmente en el departamento de piezas medianas (32 de 60, 58%), por lo que la mejora del llenado tiene que centrarse en este departamento.

Tabla 9. *Ejemplo de aplicación de la estratificación*

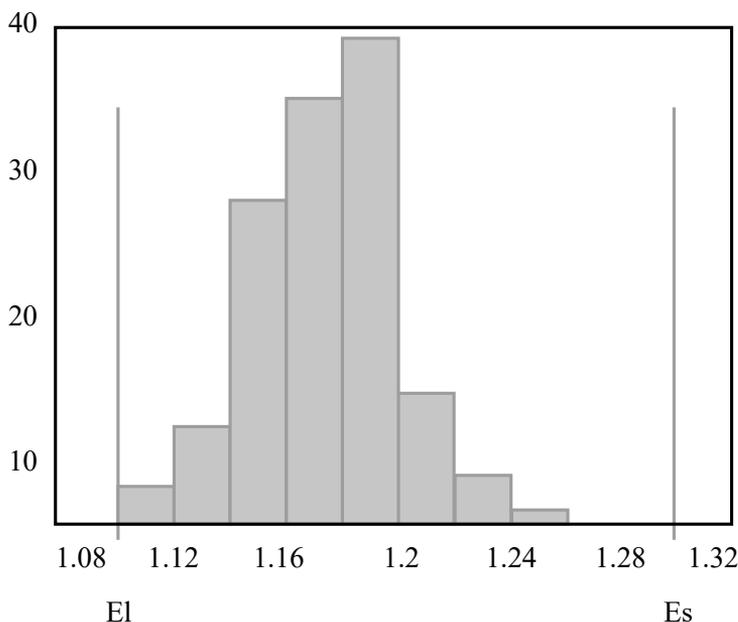
CLASIFICACIÓN DE PIEZAS POR RAZÓN DE RECHAZO Y DEPARTAMENTO				Fecha _____
RAZÓN DE RECHAZO	DEPARTAMENTO DE PIEZAS CHICAS	DEPARTAMENTO DE PIEZAS MEDIANAS	DEPARTAMENTO DE PIEZAS GRANDES	TOTAL
Porosidad	//// //	//// //// //// /	//// ////	33
Llenado	//// //// //	//// //// //// //// ///	//// //// ////	60
Maquinado	//	/	//	5
Molde	///	//// /	//// //	16
Ensamble	//	//	//	6
Total	26	58	36	120

Fuente: Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2013).

- 3) **Histograma.** Es un gráfico que muestra cómo se distribuye un conjunto de datos, representándolos en barras de frecuencia, donde cada barra corresponde a una clase calculada, como un primer análisis del comportamiento del proceso que se está analizando.

Un caso de aplicación de esta herramienta se presenta en la Figura 33, donde se representan las frecuencias de las mediciones, una característica de calidad del producto (disco) de un proceso de inyección de plásticos, la cual es su grosor, que debe ser de 1.20 mm con una tolerancia de ± 0.10 mm; es decir, la especificación inferior (EI) es 1.10 y la superior (ES) es 1.30. Así que este diagrama permite observar que la variación de los datos (amplitud del histograma) es un poco menor que las especificaciones, lo que es bueno, pero al observar las barras alrededor del grosor óptimo (1.20), se puede identificar que el proceso está moderadamente descentrado a la izquierda, pudiendo decir que el grosor de los discos no es satisfactorio, ya que la orilla izquierda del histograma debería estar alejada de la especificación inferior (EI = 1.10) y acumularse en el centro de la figura.

Figura 33. *Ejemplo de aplicación del histograma*

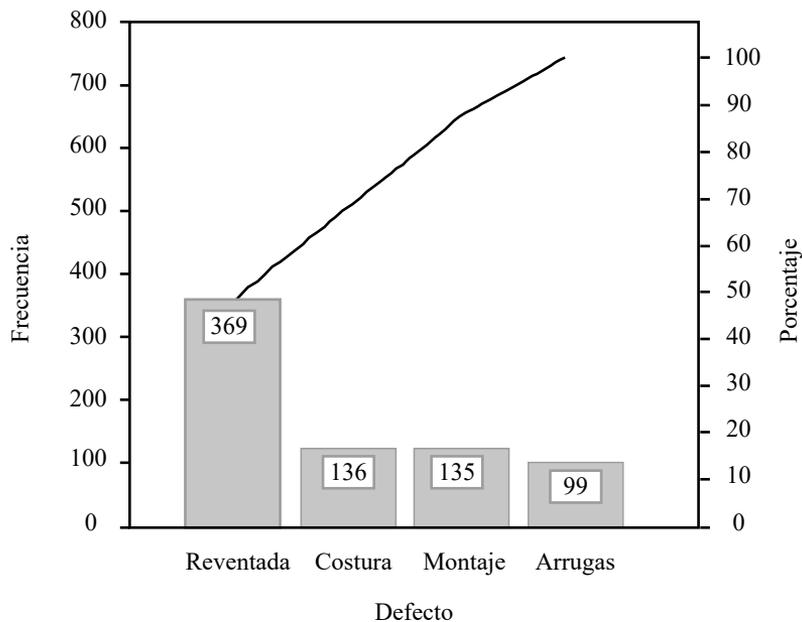


Fuente: Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2013).

- 4) **Diagrama de Pareto.** Es un método de análisis que permite diferenciar entre las causas más importantes de un problema, fundamentada en el principio de Pareto que, aplicado en calidad, indica que 80% de los problemas están originadas por 20% de causas.

Un caso de aplicación del diagrama de Pareto se presenta en la Figura 34, donde se analizan los cuatro tipos de defectos más comunes en las botas que produce la empresa, con los datos obtenidos durante 10 semanas. En el diagrama se observa que en este tiempo se presentaron 369 botas reventadas, del total de 738 defectos encontrados, los cuales representan 50% de éstos y en este caso son los que consideran como los pocos vitales, por lo que es preciso centrar un verdadero proyecto de mejora para determinar y atender las causas de fondo.

Figura 34. Ejemplo de aplicación del diagrama de Pareto

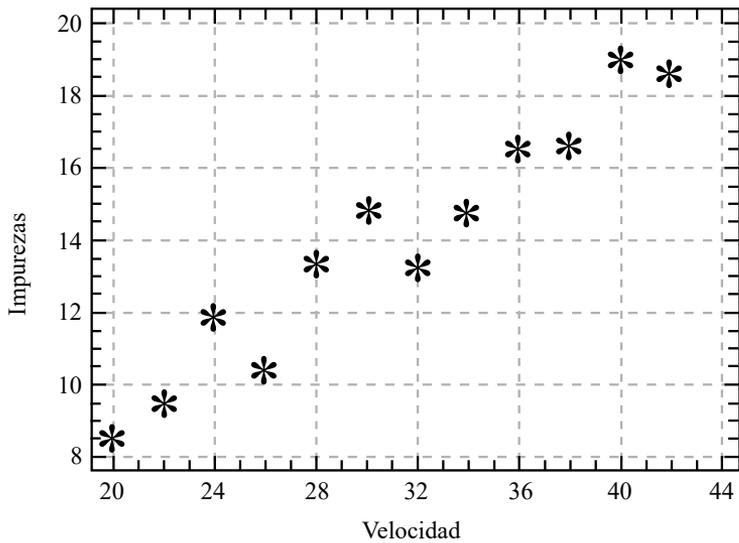


Fuente: Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2013).

- 5) **Diagrama de dispersión.** Permite identificar la posible relación entre dos variables analizadas, cuando se sospecha que el aumento o disminución de una variable hace que otra crezca o disminuya proporcionalmente, o viceversa. Esta relación entre variables se denomina correlación y se calcula usando pruebas estadísticas.

Un ejemplo de su aplicación se observa en la Figura 35, donde se deseaba investigar la relación que existía entre la velocidad de agitación en la operación de mezclado en una empresa de pinturas, y el porcentaje de impurezas en la pintura que se observaba al final del proceso. Ambos datos fueron graficados en pareja como puntos en las coordenadas X y Y para facilitar la identificación de la existencia de la relación entre las variables. En este caso, al observar la forma que toman los puntos (tendencia a formar una línea recta creciente hacia arriba), se pudiera decir que si existe una correlación lineal positiva, interpretada como sigue: a medida que aumenta la velocidad de agitación, se incrementa el porcentaje de impurezas. Sin embargo, para confirmar esta relación, se debe calcular el coeficiente de correlación (r), que es un valor que va entre 0 y 1 (entre más cercano al 1, mayor correlación), el cual en este caso se hizo utilizando la fórmula de Excel “COEF.DE.CORREL(matriz1:matriz2)” para obtener un $r = 0.96634982$, que confirma la correlación).

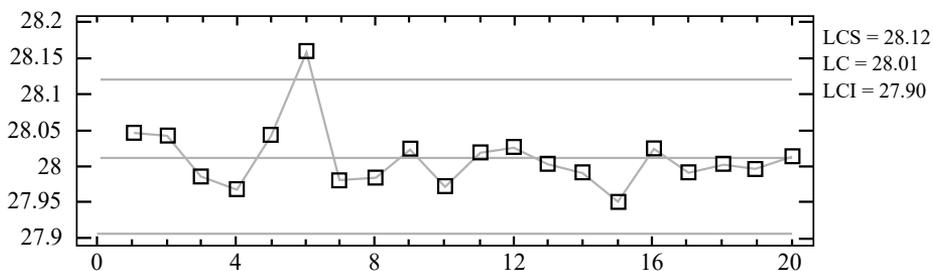
Figura 35. Ejemplo de aplicación de un gráfico de dispersión



Fuente: Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2013).

- 6) **Gráficos de control.** Estos gráficos son utilizados para controlar un proceso o actividad mediante el análisis de su variación en el tiempo, ya que a través de ellos se establecen límites de control que permiten identificar cuando el proceso no está controlado (cuando hay puntos que se salen de los límites), además de detectar tendencias o estacionalidades en los datos. Su uso se conoce como control estadístico de procesos o cartas de control. Un caso de aplicación de un gráfico de control en una empresa que elabora envases de plástico, se representa en la Figura 36, donde se ha definido como criterio de calidad el peso de la preforma, que debe estar entre 28.00 ± 0.5 g. Las mediciones obtenidas de la muestra se grafican, siendo el eje X cada muestra de preforma y el eje Y su peso; se identificaron además los límites de control calculados previamente: límite central (LC), límite de control superior (LCS) y límite de control inferior (LCI). Así pues, al observar el grafico se detecta que la muestra 6 superó el límite de control superior, lo cual indica que en ese momento el proceso estaba operando con una causa especial de variación, aunque no se sabe de qué magnitud fue. Lo que sí se puede ver en el comportamiento del proceso en las subsecuentes muestras es que, al parecer, esa causa especial dejó de actuar.

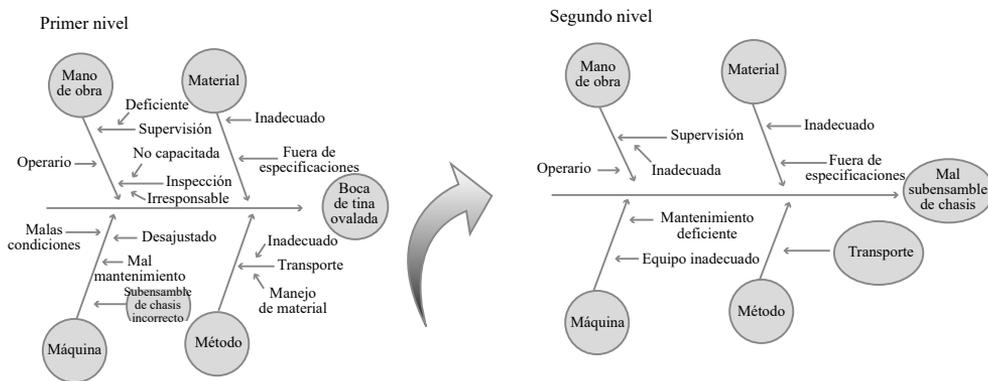
Figura 36. Ejemplo de aplicación de un gráfico de control



Fuente: Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2013).

- 7) **Diagrama causa-efecto.** Es una técnica que permite identificar ideas e información relativa a las posibles causas que pudieran haber llegado a generar un problema, clasificándolas en cinco categorías (aunque pudieran ser más o menos, según el caso): materiales, mano de obra, maquinaria, método y medio ambiente (las 5M). Con esta información se estructura un diagrama que representa las causas y subcausas en cada categoría, que toma la apariencia de las espinas de un pescado, por lo que también se le conoce como diagrama de espinas de pescado. Asimismo, al ser la única herramienta que realmente fue creada por Ishikawa, suele además llamársele diagrama de Ishikawa.
- Un ejemplo de aplicación en una empresa que produce lavadoras, donde se ha identificado como problema un alto número de retrabajos para que la tina cumpla los criterios de calidad, por lo que el equipo de mejora hace un análisis de causas de dicho efecto, identificando las causas que se muestran en la Figura 37, llegando a la conclusión además de que la causa más importante podría ser el subensamble del chasis (la que se destaca en el diagrama), por lo que se realiza otro diagrama de segundo nivel tomando como efecto esta causa que permite llegar a la conclusión de que el problema se debe al mal manejo de la tina en el ensamble (transporte), que conlleva colgar la tina de las perforaciones de la boca, utilizando dos ganchos, y queda a criterio del operario la distancia entre ambos, lo cual hace que cuando la tina pasa por el horno, la boca se deforme y quede ovalada, y además, se deforman las perforaciones.

Figura 37. Ejemplo de aplicación de un diagrama de Ishikawa



Adaptado de: Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2013).

En resumen, aunque estas herramientas se engloben dentro de las 7 herramientas básicas, son diferentes entre sí, por lo que no deben ser utilizadas sin criterio. Una de ellas (las hojas de control) sólo permite recolectar los datos necesarios para un posterior análisis. Otras dos permiten visualizar gráficamente los datos (histograma y gráfico de control), y el resto puede ir más allá en el análisis del problema o la identificación de sus posibles causas. A continuación, se explican con mayor profundidad algunas de ellas, detallando el procedimiento para su aplicación.

6. 4. Procedimiento para crear gráficos de control

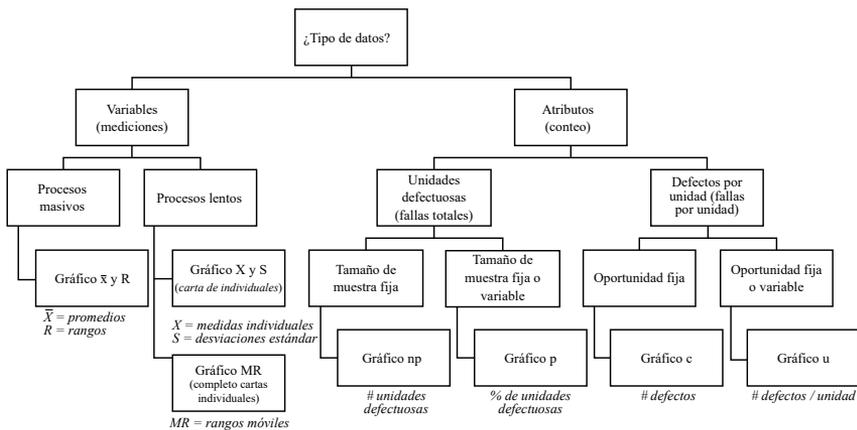
Tal como ya se mencionó, los gráficos de control son herramientas originalmente propuestas por Shewart en la década de 1930, que luego fueron agrupadas por Ishikawa dentro de las 7 herramientas básicas, y popularizadas por Deming en la industria japonesa.

Un gráfico de control es una herramienta que permite vigilar si un proceso se comporta de la misma manera a través del tiempo, es decir, si el proceso es estable; para que, en caso de no serlo, se identifiquen las fuentes que están originando la desviación, eliminarlas o reducirlas.

Así pues, la gráfica de control es como una película, es decir, es una sucesión de fotografías del proceso a través del tiempo, donde se observa la variación de una característica determinada, que servirá para dos fines: investigar si el proceso está en estado estable (análisis), o mantener estable el proceso (control). En ambos casos, después de su elaboración e interpretación, se deben tomar acciones que permitan evitar no conformidades.

Dado que existe una tipología de diferentes gráficos de control (ver Figura 38), lo que primero se tiene que hacer para elaborar un gráfico de control, es seleccionar el correcto a cada caso. Para ello se debe identificar el tipo de datos que se están analizando, ya que el procedimiento para definir los límites de control varía en función de esto. En términos generales, los datos pueden ser de dos tipos: variables o atributos. Los primeros son de tipo continuo, que normalmente requieren un instrumento para su medición (peso, volumen, voltaje, longitud, resistencia, temperatura, humedad, etc.), y los segundos son características categóricas del elemento analizado, donde se puede asignar número a cada categoría, y por lo tanto, implican un conteo, tales como: color de cabello (1 = negro, 2 = marrón, 3 = rubio; 4 = rojo), sexo (1 = masculino, 2 = femenino), nivel de cumplimiento (1 = Bajo, 2 = Medio, 3 = Alto), entre otros.

Figura 38. Tipología de gráficos de control



Fuente: Elaboración propia a partir de Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2013).

Cuando se analizan variables, también es importante diferenciar el tipo de proceso estudiado: masivo o lento. Un proceso considerado de tipo masivo es aquel en donde se producen muchos artículos, partes o componentes durante un lapso pequeño (líneas de ensamble, máquinas emparadoras, procesos de llenado, operaciones de soldadura, moldeo de piezas de plástico, torneado de una pieza metálica, el corte de una tira en pedazos pequeños, etc.), es decir, donde se realizan decenas, centenas o miles de operaciones por día. Por otro lado, se consideran procesos lentos a aquellos donde, para obtener una medición o una muestra de la producción, se requieren periodos relativamente largos: procesos químicos que trabajan por lotes; procesos de la industria de bebidas alcohólicas, en las que deben pasar desde una hasta más de 100 horas para obtener resultados de los procesos de fermentación y destilación; o procesos en los que las mediciones cercanas sólo difieren por el error de medición, tales como temperaturas en procesos, humedad relativa en el medio ambiente, etcétera (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2013).

Como se observa en la Figura 37, cuando se analizan variables en un proceso masivo, se deben elaborar gráficos de control \bar{x} (de medias) y R (de rangos), para lo cual se necesita tomar una muestra de productos a la salida del proceso (uno a uno o un número pequeño de piezas), a las que se les medirá una o más características de calidad usando un instrumento de medición (diámetro, grosor, temperatura, etc.), anotándolas en una hoja de control como la que se ilustra en el ejemplo de la Tabla 10, donde se realizan cinco mediciones en distintos momentos (cada media hora, por ejemplo) a 25 muestras (subgrupos).

Tabla 10. *Ejemplo de hoja de control que resume los datos requeridos para elaborar un gráfico de control*

Hoja de control para el grosor (cm) del producto					
Número del subgrupo	Mediciones				
	X1	X2	X3	X4	X5
1	1.909	1.917	1.865	1.991	1.906
2	1.957	1.829	1.87	1.917	1.971
3	1.861	1.946	1.903	1.951	1.893
4	1.938	1.913	1.884	1.907	1.95
5	1.941	1.966	1.935	1.936	1.955
6	2.032	1.914	1.911	1.82	1.932
7	1.889	1.963	1.943	1.918	1.911
8	1.891	1.978	1.907	1.922	1.908
9	1.929	1.87	1.943	1.829	1.946
10	1.956	1.904	1.904	1.907	1.864
11	1.904	1.91	1.904	1.903	1.901
12	1.926	1.984	1.899	1.938	1.978
13	1.956	1.903	1.915	1.932	2.014
14	1.937	1.949	1.898	1.952	1.869
15	1.916	1.961	1.953	1.954	1.939
16	1.867	1.898	1.929	1.953	1.952
17	1.939	1.918	1.925	1.912	1.945
18	1.94	1.88	1.882	1.949	1.91
19	1.944	1.919	1.84	1.94	1.942
20	1.933	1.965	2.031	1.902	1.923
21	1.817	1.878	1.938	2.058	1.938
22	1.939	1.956	1.951	1.898	1.969
23	1.931	1.894	1.972	1.936	1.924
24	1.927	1.895	1.938	1.859	1.938
25	1.973	1.949	1.912	1.87	1.971

Fuente: Elaboración propia.

Así pues, una vez que se tienen los datos registrados, para obtener los gráficos de control se debe seguir el siguiente procedimiento:⁵⁸

Paso 1. Calcular los límites de control central (LC). Los límites de control no son las especificaciones,⁵⁹ tolerancias, límites reales o naturales,⁶⁰ o deseos para el proceso, sino que se calculan a partir de la variación de los datos, para que cubran cierto porcentaje de la variación natural del proceso, sea fácil detectar los cambios en el proceso, y en la interpretación se eviten los errores llamados tipo 1 (decir que se presentó un cambio cuando en realidad no lo hubo). Estos límites se calculan de acuerdo con el tipo de gráfico que se desee elaborar.

Para calcular el LC en los gráficos de control \bar{x} , primeramente, con las mediciones de cada subgrupo, se calcula el promedio de todas las mediciones del subgrupo (en el caso del ejemplo, esto se obtendrá al realizar la operación: $X1 + X2 + X3 + X4 + X5/5$, que en una hoja de cálculo como la que se ilustra en la Figura 39 (a), podría obtenerse con la expresión = PROMEDIO(-B3:F3), la cual se arrastra hacia abajo para obtener los 25 promedios (b). Así pues, con estos datos ya se puede calcular el LC, que será igual a la media de las medias; es decir, la sumatoria de los promedios de cada subgrupo, dividido entre el número de subgrupos; en el ejemplo, éste se calcularía con la expresión = PROMEDIO(G3:G27) para obtener un LC = 1.92 (c).

Figura 39. Cómo calcular el límite central para un gráfico de control \bar{x} en Google Sheets

Fuente: Elaboración propia.

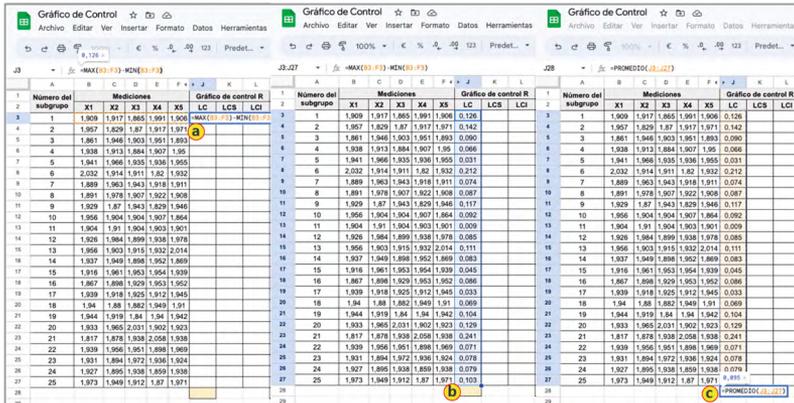
Para calcular el LC en los gráficos de control R, se sigue la misma lógica, pero en este caso, en vez de calcular las medias de las mediciones de cada subgrupo, se calculará el rango muestral, el cual se calcula con la fórmula: MAX-MIN. En el ejemplo, utilizando una hoja de cálculo (ver Figura 40), el rango muestral (a) se obtiene con la expresión = MAX(B3:F3)-MIN(B3:F3); luego, esta fórmula se arrastra hacia abajo (b) para obtener los 25 rangos. A continuación, éstos se promedian, usando la función = PROMEDIO(J3:J27) para obtener como resultado un LC = 0.95 (c).

⁵⁸ Se puede ver la explicación de este procedimiento en un video desde el enlace <https://youtu.be/52UUCO2JJ7Y>, donde además se explica cómo hacer un gráfico de control S (de desviaciones) que, en conjunto con la gráfica de control \bar{x} , se utiliza cuando el tamaño de subgrupo, $n > 10$, y la carta de rangos ya no es eficiente para detectar cambios en la variabilidad del proceso, por lo que en su lugar se recomienda utilizar la carta S, en la que se grafican las desviaciones estándar de los subgrupos, y con la cual se tiene mayor potencia para detectar cambios pequeños en el proceso que los detectados por los gráficos X – R.

⁵⁹ Las especificaciones son fijadas desde el diseño del producto.

⁶⁰ Los límites reales o naturales del proceso reflejan la variación esperada para las mediciones individuales, no para las medias.

Figura 40. *Cómo calcular el límite central para un gráfico de control R en Google Sheets*



Fuente: Elaboración propia.

Paso 2. Calcular los límites de control superior (LCS). El límite de control superior (LCS) indica cuál es la tolerancia estadística máxima que se permite para considerar que el proceso está en control estadístico. Al igual que el LC, su cálculo dependerá del tipo de gráfico que se esté elaborando, pero en este caso se requiere conocer un factor que depende del tamaño del subgrupo analizado, y que se obtiene de la Tabla 11.

Tabla 11. *Factores para la construcción de un gráfico de control*

Tamaño de muestra, n	Carta \bar{X} A_2	Carta R		Carta S c_4	Estimación de σ d_2
		d_3	D_3		
2	1.880	0.853	0.0000	3.2686	0.7979
3	1.023	0.888	0.0000	2.5735	1.693
4	0.729	0.880	0.0000	2.2822	2.059
5	0.577	0.864	0.0000	2.1144	2.326
6	0.483	0.848	0.0000	2.0039	2.534
7	0.419	0.833	0.0758	1.9242	2.704
8	0.373	0.820	0.1359	1.8641	2.847
9	0.337	0.808	0.1838	1.8162	2.970
10	0.308	0.797	0.2232	1.7768	3.078
17	0.285	0.787	0.2559	1.7441	3.173
12	0.266	0.778	0.2836	1.7164	3.258
13	0.249	0.770	0.3076	1.6924	3.336
14	0.235	0.763	0.3281	1.6719	3.407
15	0.223	0.756	0.3468	1.6532	3.472
16	0.212	0.750	0.3630	1.6370	3.532
17	0.203	0.744	0.3779	1.6221	3.588
18	0.194	0.739	0.3909	1.6091	3.640
19	0.187	0.734	0.4031	1.5969	3.689
20	0.180	0.729	0.4145	1.5855	3.735
21	0.173	0.724	0.4251	1.5749	3.778
22	0.167	0.720	0.4344	1.5656	3.819
23	0.162	0.716	0.4432	1.5568	3.858
24	0.157	0.712	0.4516	1.5484	3.898
25	0.153	0.708	0.4597	1.5403	3.931

Fuente: Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2013).

En los gráficos de control \bar{x} , el LCS en un estudio inicial se establece con la siguiente fórmula: $LCS = \bar{X} + A_2 \bar{R}$, donde A_2 es un factor que se obtiene de la Tabla 11, que en el caso del ejemplo es como se tienen 5 mediciones (subgrupos), $A_2 = 0.577$. Asimismo, se considera que los valores \bar{X} y \bar{R} ya se han calculado en el paso anterior como los LC para el gráfico de control \bar{x} y R, respectivamente, la expresión para obtener este valor en la hoja de cálculo sería: = \$G\$28 +

(0.577*\$J\$28), tal como se ilustra en la Figura 41 (a), la cual se tendría que arrastrar hacia abajo para obtener los mismos valores en cada subgrupo.

Figura 41. *Cómo calcular el límite de control superior para gráficos de control \bar{x} y R en Google Sheets*

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el LCS en los gráficos de control R se calcula con la fórmula $LCS = D_4 * \bar{R}$, donde D_4 también es un factor que se obtiene de la Tabla 11 y que de la misma manera depende del tamaño del subgrupo (en el ejemplo $D_4 = 2.1144$). Aplicada en una hoja de cálculo, esta operación se obtendría con la expresión $= 2.1144 * \$J\28 (b), proporcionando como resultado un LCS = 0.20, tal como se ilustra en la Figura 41, que también se tendría que arrastrar hacia abajo para obtener los mismos valores en cada subgrupo.

Paso 3. Calcular los límites de control inferior (LCI). De la misma manera, se calculan los límites de control inferior (LCI), que en los gráficos de control \bar{x} se obtiene con la siguiente fórmula: $LCI = LC - A_2R$, que traducido en una hoja de cálculo y aplicado en el ejemplo sería: $= \$G\$28 - (0.577 * \$J\$28)$, tal como se ilustra en la Figura 42 (a).

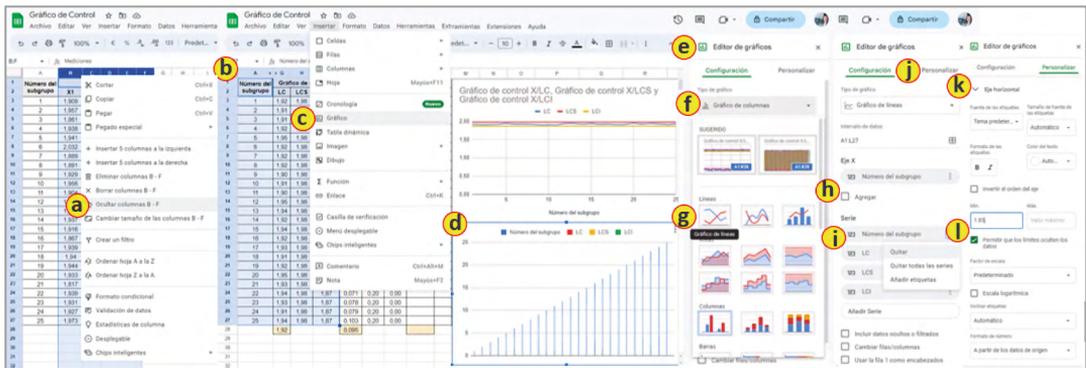
Figura 42. *Cómo calcular el límite de control inferior para gráficos de control \bar{x} y R en Google Sheets*

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en los gráficos de control R, este límite se calcula con $LCS = D_3 * \bar{R}$, que en una hoja de cálculo esta operación para el caso de estudio se aplicaría con la expresión $= 0.000 * \$J\28 , generando como resultado un $LCS = 0.00$, tal como también se ilustra en la Figura 42 (b).

Paso 4. Obtener los gráficos de control. Como se muestra en la Figura 43, cada gráfico de control se deberá generar utilizando los datos de las columnas correspondientes a los límites de control y el número de subgrupos, así que lo primero que se tiene que hacer en la hoja de cálculo es ocultar las columnas (a) no necesarias (seleccionar columnas innecesarias, y dar clic derecho > Ocultar columnas); luego se selecciona la tabla depurada (b) y se le da clic en Insertar > Gráfico (c), con lo que se obtiene el gráfico por defecto (d), que deberá ser configurado o personalizado para transformar el gráfico por defecto en el gráfico de control correspondiente.

Figura 43. Cómo elaborar un gráfico de control en Google Sheets



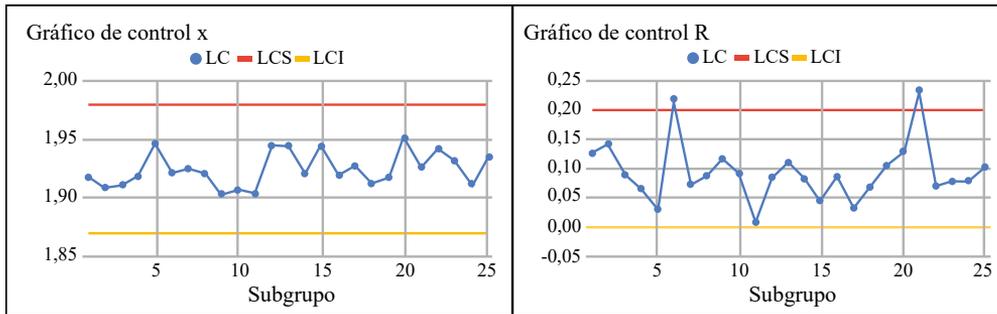
Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, en la Figura 43 se puede observar que el gráfico por defecto que arroja la hoja de cálculo para el gráfico de control R no corresponde a un gráfico de líneas, por lo que se debe cambiar desde la opción “Configuración” en el editor de gráficos (e), y al abrir el *dropdown* “Título de gráfico” (d) y seleccionar la opción “Gráfico de líneas” (g): posteriormente se deberá cambiar la configuración de los ejes, de tal manera que se agreguen los que correspondan, al dar clic al *checkbox* “Agregar” (h), y se quiten los que no deben ir al seleccionar los tres puntos a su costado para dar clic en el botón “Quitar” (i).

Asimismo, en el caso del gráfico de control \bar{x} , se puede ver que los puntos graficados no se alcanzan a distinguir, por lo que se deberá personalizar para que cumpla con el formato esperado. En este caso, desde el botón “Personalizar” (j) que se ubica a la derecha de “Configuración” en el editor de gráficos, se accede a la opción “Eje horizontal” (k) y poner el valor Min. (l) que en este caso podría ser 1.85 y seleccionar el *checkbox* que dice “Permitir que los límites oculten los datos”. Lo mismo podría hacerse para del gráfico de control R, colocando en Min. un valor como - 0.01.

El resto de la personalización obligada para dar formato a ambos gráficos se da en dos etapas: a) Títulos de gráficos y ejes; y b) Series. Para personalizar los títulos, desde la opción llamada Títulos de gráfico y ejes, se debe seleccionar “Título del gráfico” y poner como texto lo que corresponda (gráfico de control). Luego cambiar la opción de “Título del eje vertical” y poner como texto algo que represente los datos (\bar{x} o R). Y hacer lo mismo para el “Título del eje horizontal”, donde el texto debería ser Subgrupo. Por su parte, para personalizar las series se elige la opción “Serie”, seleccionando la que corresponde al LC, y cambiar el tamaño de los puntos a 7px, por ejemplo. De esta manera, siguiendo este mismo algoritmo para todos los gráficos de control, en el caso del ejemplo, se obtendrán los que se muestran en la Figura 44.

Figura 44. Ejemplos de gráficos de control \bar{x} y R



Fuente: Elaboración propia.

Paso 5. Interpretar los gráficos de control. Dado que en un gráfico de control \bar{x} los límites de control reflejan la variación esperada para las medias muestrales de tamaño n (subgrupos), mientras el proceso no tenga cambios importantes, y son utilizados para detectar cambios en la media del proceso y evaluar su estabilidad. En el caso del ejemplo, las medias del grosor de las piezas se espera que varíen de 1.87 a 1.98 cm –como se observa en la Figura 43–, por lo que se puede concluir lo siguiente: no hay puntos fuera de los límites, y además el comportamiento de los puntos no sigue ningún patrón especial (es aleatorio; tiene apariencia errática, sin un orden), por lo que se puede decir que la variación que se observa en las medias es inherente al propio proceso y se debe a muchas pequeñas causas que actúan en común; y no ocurrió ningún cambio ocasionado por alguna situación o causa especial. Es decir, el proceso responsable del grosor de las piezas ha estado funcionando de manera estable en cuanto a tendencia central (está en control estadístico).

Por otra parte, ya que un gráfico de control R permite detectar cambios en la amplitud o magnitud de la variación del proceso, sus límites reflejan la variación esperada para los rangos muestrales de tamaño n , mientras que el proceso no tenga un cambio significativo. Por ejemplo, en el caso del grosor de las piezas analizadas en el caso, se espera que los rangos de los subgrupos varíen de 0 a 0.2 cm, y como se observa en la Figura 31, hay dos puntos fuera de los límites (el punto 6 y el punto 21), por lo que se puede decir que el proceso responsable del grosor de las piezas no ha estado funcionando de manera estable a lo largo del tiempo en cuanto a la amplitud o magnitud de la variación del proceso (no está en control estadístico), así que se deben hacer análisis en busca de detectar fuentes de variación que de manera permanente estén en el proceso, que pudiera ser ocasionado por un exceso de variación en la calidad de los materiales utilizados, en las habilidades de la gente que opera el proceso, o en alguna de las otras 5M que se analizan en los diagramas de Ishikawa, explicados más adelante.

6. 5. Procedimiento para elaborar diagramas de Pareto

Como ya se ha mencionado, esta herramienta fue introducida originalmente por Juran para aplicar el principio de Pareto en temas de calidad, y posteriormente Ishikawa lo incluyó como una de las 7 herramientas básicas de la calidad. En la actualidad es ampliamente utilizada porque pone de manifiesto las situaciones problemáticas (síntomas) más importantes sobre las cuales concentrar esfuerzos de mejora y determinar en qué orden atenderlos.

Para elaborar un diagrama de Pareto, se debe iniciar con la identificación de una situación indeseada que pueda ser cuantificada (costos, tiempo, número de errores o porcentajes), e iden-

tificar sus causas apoyándose en otras técnicas para recolectar información (hojas de control, lluvia de ideas, 5 por qué, análisis causa-efecto, etc.), y cuantificarla. Por ejemplo, en la línea de producción de una empresa industrial se están produciendo piezas con defectos de diversos tipos, durante una semana éstos se registran, y luego se resumen en una hoja de control como la que se muestra en la Tabla 12. Dado que no se cuentan con los recursos suficientes para resolver todos los defectos a la vez, se debe hacer un análisis que permita priorizar y tomar la decisión de cuáles defectos atender primero, para lo cual se realizará un diagrama de Pareto.

Tabla 12. *Ejemplo de hoja de control que resume los datos requeridos para elaborar un diagrama de Pareto*

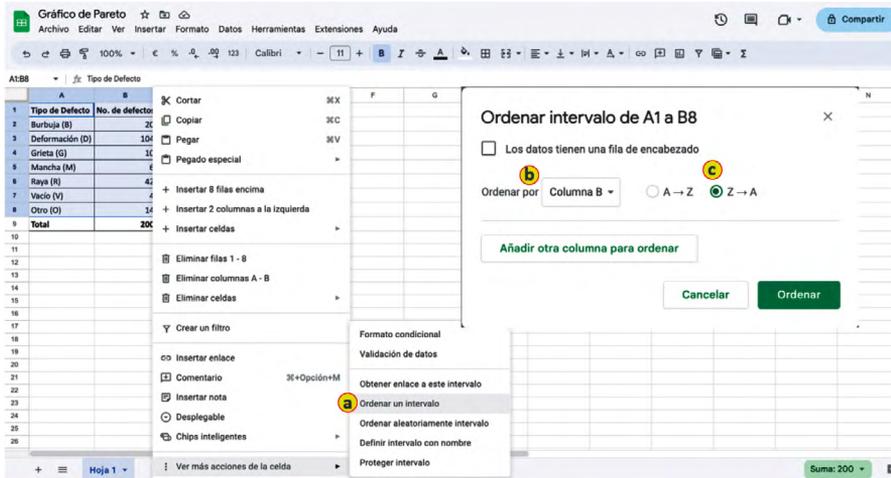
Hoja de control: 224C	
Resumen de defectos detectados en las piezas producidas durante la semana	
Tipo de defecto	No. de defectos
Burbuja (B)	20
Deformación (D)	104
Grieta (G)	10
Mancha (M)	6
Raya (R)	42
Vacío (V)	4
Otro (O)	14
Total	200

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos datos, un diagrama de Pareto puede elaborarse utilizando *software* especializado en análisis estadístico –como Minitab–, donde solamente se sigue la ruta: Herramientas de calidad > Diagrama de Pareto > Seleccionar variables: defectos y frecuencia > Aceptar. No obstante, sino se tiene licencia, se puede recurrir a herramientas gratuitas, como las hojas de cálculo de Google, donde se deben seguir los siguientes pasos para poder obtener un gráfico técnicamente correcto.

Paso 1. Ordenar de mayor a menor los datos. Los datos de la frecuencia de cada una de las causas de la situación problemática se ordenan de mayor a menor, y se totalizan al sumar todos los datos. En el caso del ejemplo anterior, para realizar esta acción en una hoja de cálculo (Google Sheets), se seguiría la rutina que se muestra en la Figura 45: Seleccionar datos a ordenar > clic derecho > Ver más acciones de celda > Ordenar un intervalo (a), Ordenar por: Columna B (b), Orden: Z-A (c).

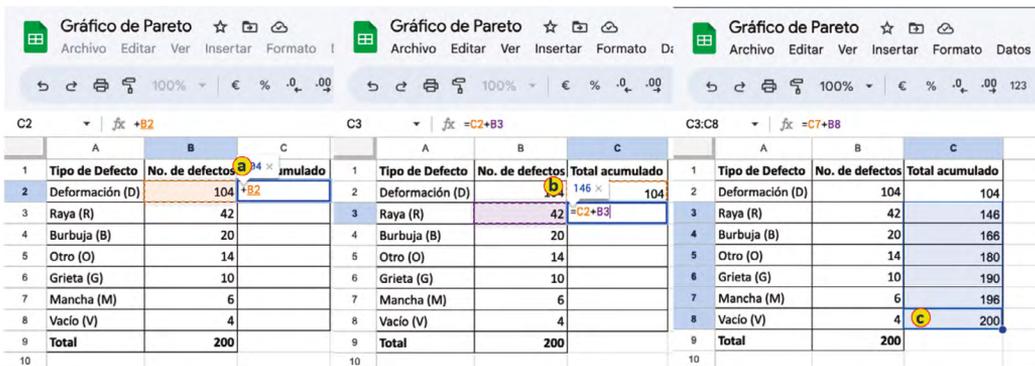
Figura 45. *Cómo ordenar una lista de mayor a menor en Google Sheets*



Fuente: Elaboración propia.

Paso 2. Calcular totales acumulados. Se calculan los totales acumulados sumando cada valor de la tabla con el valor anterior, tal como se muestra en la Figura 45, en la cual se parte del valor más alto ubicado en la celda B2 (a), al que se le suma el valor del dato de la fila 2: $C2 + B3$ (b) para obtener el siguiente valor acumulado, y así sucesivamente hasta obtener todos los valores; se puede “jalar” esta última fórmula para que se haga el cálculo de manera automática en el resto de las filas (c).

Figura 46. *Cómo calcular los totales acumulados en Google Sheets*

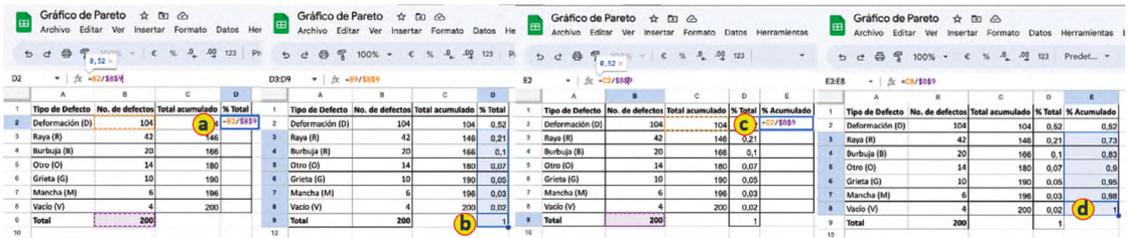


Fuente: Elaboración propia.

Paso 3. Calcular porcentaje total y porcentaje acumulado. Como se ejemplifica en la Figura 47, primeramente, se calcula el porcentaje total utilizando los datos del No. de defectos como numerador y su sumatoria como denominador (a), fijando esta última con el signo de moneda ($B2/\$B\9); luego se “jala” esta fórmula hacia abajo para obtener todos los valores de la columna, confirmando que se hizo correcto el cálculo si la última fila es igual a 1 (b). Luego, para obtener la columna del porcentaje acumulado se hace lo mismo, pero utilizando los datos de la columna

total acumulado como numerador: B2/\$B\$9 (c), arrastrando esta fórmula hacia abajo para obtener todos los porcentajes (d).

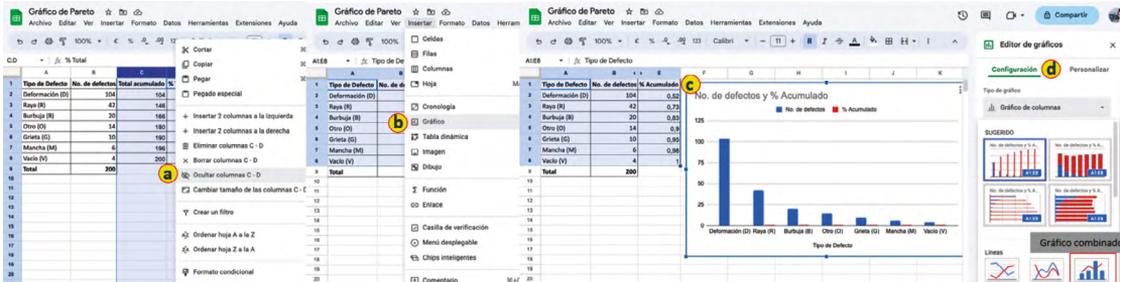
Figura 47. *Cómo calcular los porcentajes total y acumulado en Google Sheets*



Fuente: Elaboración propia.

Paso 4. Elaborar el gráfico. Como se muestra en la Figura 48, el gráfico se deberá generar utilizando solamente los datos de las columnas de No. de defectos y Porcentaje acumulado, así que lo primero que se tiene que hacer es ocultar las columnas Total acumulado y Porcentaje total al seleccionar ambas y dar clic derecho > Ocultar columnas C-D (a); luego se selecciona la tabla depurada y se le da clic en Insertar > Gráfico (b), para que se obtenga el gráfico por defecto (c), que debe ser un gráfico combinado, el cual se tendrá que configurar para transformarlo en un gráfico de Pareto.

Figura 48. *Cómo elaborar un gráfico de Pareto en Google Sheets*



Fuente: Elaboración propia.

La personalización obligada se da en dos etapas: a) Títulos de gráficos y ejes; y b) Series. Para ambos casos se accede a las opciones desde el botón “Personalizar” (d) que se ubica a la derecha de “Configuración” en el editor de gráficos.

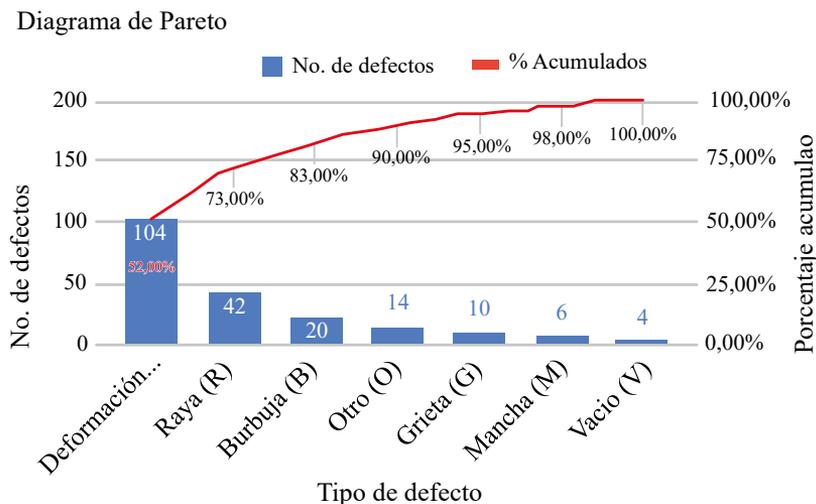
Para personalizar los títulos desde la opción llamada Títulos de gráfico y ejes, se debe seleccionar “Título del gráfico” y poner como texto lo que corresponda (Diagrama de Pareto). Luego cambiar la opción de “Título del eje horizontal” y poner como texto algo que represente los datos (como Tipo de defecto, en el caso de ejemplo), y hacer lo mismo para el “Título del eje vertical derecho”, donde el texto debería ser Porcentaje acumulado.

Para personalizar las series, primero se debe seleccionar “Eje vertical” y poner el valor Máx. que en el caso del ejemplo es 200 (total de defectos encontrados) y seleccionar el *checkbox* que dice “Permitir que los límites oculten los datos”. A continuación, se elige la opción “Serie”, seleccionando la que corresponde al total (No. de defectos), y seleccionar el *checkbox* “Etiqueta de

datos”. Luego, cambiar la opción de serie por la que corresponde del % Acumulado, y además de también seleccionar el *checkbox* “Etiqueta de datos”, en este caso se deberá indicar “Porcentaje” en la opción Formato de número.

Por último, si es necesario, se deben cambiar las unidades que indican el % Acumulado, desde la opción “Eje vertical derecho”, indicando “Porcentaje” como Formato de número. De esta manera, se obtendrá el diagrama de Pareto que se muestra en la Figura 49.

Figura 49. Ejemplo de Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia.

Paso 5. Interpretar el Diagrama de Pareto. Un diagrama de Pareto tiene como objetivo ayudar a localizar los pocos problemas vitales (20%), con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, y se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde éstos tengan mayor impacto. En el ejemplo de la Figura 48, se observa que los defectos que podrían considerarse “Pocos vitales”, son las deformaciones y las rayas, las cuales en conjunto concentran 73% de los reclamos del cliente, por lo que de manera prioritaria deberían plantearse acciones que primeramente identifiquen las causas de dichos problemas, aplicando, por ejemplo, un análisis causa-efecto explicado más adelante, donde se pregunte si este problema se presenta con la misma intensidad usando todos materiales, máquinas, operadores, etc.; de esta manera se obtendría una lista de causas, que podrían también priorizarse realizando otro diagrama de Pareto que se oriente hacia la búsqueda de las causas del problema de mayor impacto, para que luego se busque su eliminación, y así se eliminen o reduzcan los dos principales tipos de defectos identificados.

ACTIVIDAD:

En equipo, y usando los datos recabados en las hojas de control durante la implementación del proceso de la actividad anterior, elaborar un análisis utilizando las dos herramientas básicas de la calidad explicadas con anterioridad: Gráficos de control y Diagrama de Pareto. El objetivo de esta actividad es que se analice la variabilidad del proceso y se valoren los defectos encontrados para identificar aquellos “Pocos vitales” que deben atenderse para mejorar el proceso implementado.

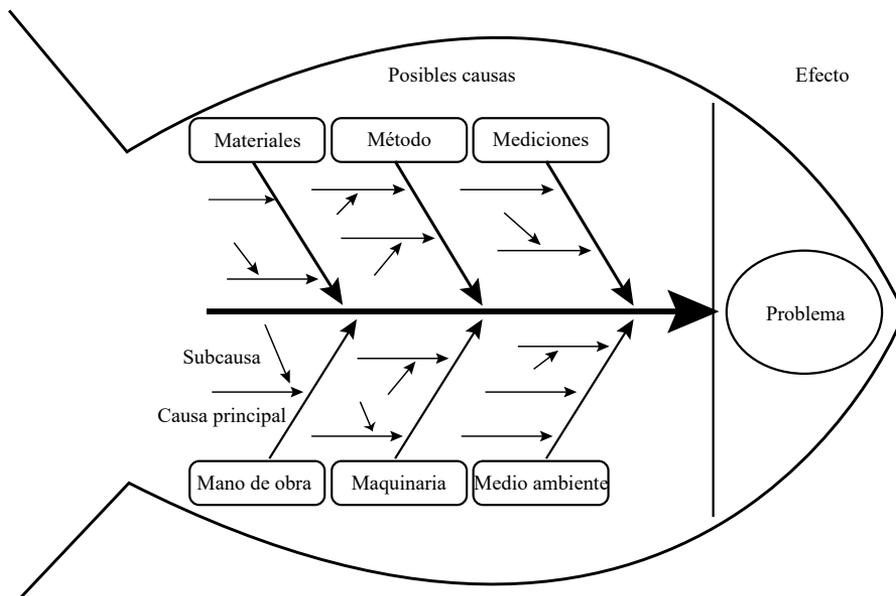
6. 6. Procedimiento para realizar un análisis causa-efecto (Diagrama Ishikawa)

El análisis causa-efecto es una herramienta de apoyo en la identificación y análisis de las causas de un problema o efecto indeseado, que se sintetiza en forma de un diagrama con la apariencia del esqueleto de pescado, por lo que también se le conoce como diagrama de pescado.

Como ya se mencionó, esta herramienta fue desarrollada inicialmente por Kaoru Ishikawa en 1953, y en la actualidad es ampliamente utilizada durante el proceso de solución de problemas, aunque en el transcurso del tiempo se ha ido ajustando según las necesidades del usuario.

La técnica de aplicación es sencilla y el resultado se sintetiza en una plantilla como la que se ilustra en la Figura 50, en la cual se inicia colocando el problema o situación indeseada (efecto) por analizar en el rectángulo de la derecha; mientras que del lado izquierdo se colocan las categorías de las posibles causas de dicho problema, que usualmente son las 5 o 6M, ya que es útil cuando el proceso no se conoce a detalle, obliga a considerar una gran cantidad de elementos asociados al problema, y se concentra en el proceso y no en el producto.

Figura 50. Plantilla para elaborar un diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes disponibles en la red.

La principal ventaja de esta técnica es que elimina el síndrome de la causa única de un problema, ya que promueve que se generen todas las causas posibles, que luego se analizan con detenimiento para determinar cuáles son las principales o "causa raíz". Sin embargo, la herramienta tiene como limitante que no se promueve que se identifique la relación entre las causas y se mantiene un pensamiento determinista y mecánico. Por ello, para mitigar estas insuficiencias, frecuentemente se realizan adecuaciones al diagrama.

También es importante reconocer que el diagrama por sí mismo no califica el grado de influencia o importancia que tienen las causas individuales sobre el efecto, por lo que se tendría que utilizar otras herramientas cuantitativas como complemento. Por ejemplo, como ya se ha mencionado en el apartado anterior, se puede usar el Diagrama de Pareto para determinar cuáles son las causas principales del problema y priorizar su atención a aquellas consideradas como vitales.

Así pues, para poder realizar un análisis causa-efecto, lo primero que se debe hacer es plantear el problema o situación indeseada. Esto puede hacerse a través de una **lluvia de ideas**,⁶¹ o surgir de análisis previos, como la aplicación de herramientas explicadas en los apartados anteriores. Con esto claro, el procedimiento para elaborar el Diagrama Ishikawa se explica a continuación.

Paso 1. Especificar el problema. Para facilitar la elaboración de un diagrama de esta naturaleza, se sugiere utilizar una aplicación⁶² que incluya una plantilla específica para este tipo de gráfico. Así pues, partiendo de la plantilla, el primer paso es escribir el problema dentro del rectángulo de la derecha y dibujar una flecha horizontal a su lado izquierdo, entrando al rectángulo. Es importante considerar que mientras más se especifique y se cuantifique el problema, con la aplicación previa de herramientas como el Diagrama de Pareto, por ejemplo, y se trate de minimizar la ambigüedad de si es causa o es efecto, mejor provecho se obtendrá del análisis.

Paso 2. Identificar las posibles causas. En este paso, y a través de una lluvia de ideas dentro del equipo de trabajo, se identifican todas las posibles causas del problema, evitando dar soluciones. Si se usa el método de las 6M, se deben hacer preguntas que lleven a la reflexión acerca de cómo los diferentes factores o situaciones de cada M pueden afectar el problema bajo análisis. Ver ejemplo en la Tabla 13.

Tabla 13. Preguntas de reflexión como apoyo en la identificación de las posibles causas de un problema

Materiales	Método	Mediciones
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se sabe cómo influyen los distintos tipos de materiales en el producto final? • ¿Se tiene conocimiento de cómo influye la variabilidad de los materiales o materia prima sobre la generación del producto? • ¿Se realizó algún cambio en los materiales sugeridos? • ¿Hay diferencias en los materiales de distintos proveedores? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿El trabajo fue definido claramente (estándar) o se realizó según el criterio de cada persona? • ¿El procedimiento definido es el adecuado para obtener el resultado esperado? • ¿Se analizó si la operación fue realizada de manera correcta? • ¿Se detecta que el proceso tiene demasiados pasos y actividades que no aportan valor al conjunto del sistema? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se definieron claramente las mediciones requeridas para detectar o prevenir problemas? • ¿Han sido medidas suficientes piezas para tomar decisiones con sustento? • ¿Los instrumentos son capaces de repetir la medición con precisión? • ¿Existe algún sesgo en las medidas generadas por el sistema de medición?
Mano de obra	Maquinaria	Medio ambiente
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Las personas conocen lo que deberían hacer en su trabajo? • ¿Están entrenadas para realizar bien sus actividades? • ¿Han demostrado tener habilidad para el trabajo? • ¿Todos son capaces de llevar a cabo su labor de manera eficiente? • ¿Están comprometidas con el trabajo y la calidad? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Las máquinas han demostrado ser capaces de dar la calidad que se requiere? • ¿Sus condiciones de operación son las adecuadas? ¿Se les da mantenimiento? • ¿Las herramientas son adecuadas para la operación? • ¿Se están usando de la mejor forma para lograr un desempeño impecable? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿La temperatura ambiental influye en las operaciones? • ¿El ruido ambiental afecta en el proceso? • ¿La iluminación es la adecuada al tipo de operación? • ¿La humedad impacta en el proceso o el producto? • ¿La ventilación permite que se desarrolle el proceso adecuadamente?

Fuente: Elaboración propia a partir de: Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2013).

⁶¹ Es una técnica orientada para que los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre un tema.

⁶² Existe una extensión que se puede instalar en Google Drive para generar este tipo de diagramas, como Draw.io. En este video se puede ver la explicación de cómo instalarlo y usarlo: <https://youtu.be/B7Qm0IKYa6Q>

Paso 3. Clasificar las causas y subcausas. Hasta este punto se ha logrado reunir un conjunto de posibles causas en cada una de las categorías de las 6M, las cuales se deben analizar para asegurarse de que estén en un mismo nivel de complejidad y, en su caso, diferenciar las causas mayores de bajo nivel que dependen de las anteriores (subcausas). Aquí también se pueden depurar causas, agrupando o eliminando las que se consideren similares o repetidas. No debe preocupar si no se tiene certeza respecto a la causa mayor en la que se debe ubicar alguna subcausa; lo importante, por el momento, es incluirla.

Paso 4. Construcción del diagrama. Finalmente, las causas y las subcausas se anotan en el diagrama, uniéndose con flechas a las categorías (6M), presentando las causas mayores más importantes al inicio. Se debe quedar convencido de que las causas han producido el problema analizado. En caso contrario, se pueden incluir nuevas causas y subcausas.

Asimismo, se puede complementar el diagrama con la determinación de las causas con mayor impacto o mayor probabilidad, a partir de una votación que se realiza con los integrantes del equipo, respecto a las tres causas que considere que son las más probables que generen el problema, eligiendo las tres causas que más votos obtengan; por ejemplo, se puede usar una puntuación de 1 a 3, donde 3 significa que contribuye más al problema principal, mientras que 1 representa el menor de contribución, usando un formato como el que se muestra en la Tabla 14; de igual manera, esto se puede realizar más objetivamente a partir del análisis de las frecuencias de las causas con una gráfica de Pareto.

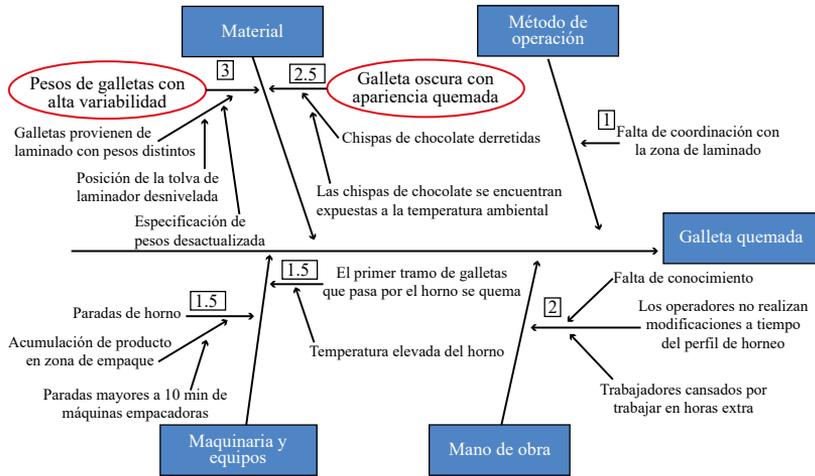
Tabla 14. *Formato para la evaluación de las causas que generan el problema analizado en el Diagrama Ishikawa*

Causas analizadas	Impacto sobre el problema*					Puntuación promedio
	Persona 1	Persona 2	Persona 3	Persona 4	Persona n	
<i>Causa 1</i>						
<i>Causa 2</i>						
...						
<i>Causa n</i>						

*Puntuación de 1 a 3, donde 3 significa que contribuye más al problema principal, mientras que 1 representa el menor de contribución

Así pues, el resultado de la aplicación de esta herramienta a los dos defectos identificados previamente como los “Pocos vitales” en un diagrama de Pareto, se pueden observar en los ejemplos presentados en la Figura 51 y Figura 52. Específicamente, en el primer Diagrama Ishikawa (Figura 51) se muestra que las dos causas consideradas como las más probables de generar la galleta quemada son los referentes al peso de la galleta con alta variabilidad y la galleta oscura con apariencia quemada.

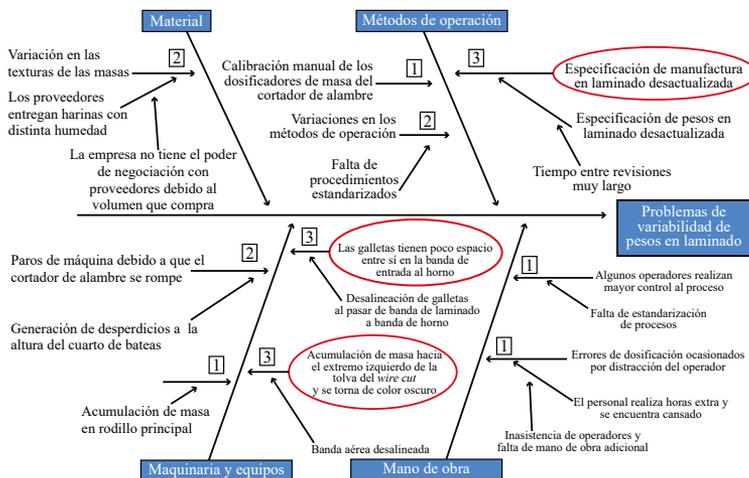
Figura 51. Diagrama causa-efecto para el análisis de la situación indeseada: galleta quemada



Fuente: Aliaga Aliaga (2015).

Por otro lado, en el segundo Diagrama Ishikawa de la Figura 52 se observa que se han identificado tres causas principales que se deben atender: a) la especificación de manufactura en laminado desactualizada, b) las galletas tienen poco espacio entre sí en la banda de entrada al horno, y c) acumulación de masa hacia el extremo izquierdo de la tolva.

Figura 52. Diagrama causa-efecto para el análisis de la situación indeseada: problemas de variabilidad de pesos



Fuente: Aliaga Aliaga (2015).

Paso 5. Elaboración de planes de acción orientados a la eliminación de las causas principales. A partir de los resultados obtenidos hasta aquí, a través de una lluvia de ideas, se desarrollan propuestas de solución para eliminar las causas señaladas como las más importantes en cada uno

de los diagramas Ishikawa elaborados, y se generan planes de acción para que de esta manera se puedan mejorar el proceso implementado.

Estos planes se pueden estructurar siguiendo técnicas como la llamada **5W + 1H**,⁶³ tal como se ejemplifica en la Tabla 15 para el caso del problema de galleta quemada, que se ha determinado se genera a causa de una galleta oscura con apariencia quemada debido a las chispas de chocolate, se ha identificado que las chispas de chocolate no cuentan con el almacenamiento adecuado, por lo que se derriten con mayor facilidad y dan la apariencia de estar quemadas. Además, se ha registrado que este problema es más frecuente en la época de verano cuando la temperatura del medio ambiente se incrementa. Como solución a este problema, se propone cambiar el método de almacenamiento de las chispas de chocolate, para que, en vez de almacenarlas a temperatura ambiente, se mantengan congeladas a una temperatura menor a 8°C durante todo el tiempo, con la finalidad de evitar que se derritan y pierdan consistencia; ello evitará que la masa no se oscurezca y la galleta final no se deseche por tener apariencia de estar quemada.

Tabla 15. *Formato para la elaboración de un plan de mejora aplicando la técnica de 5W + 1H*

Problema:	Galleta quemada	Causa a eliminar:	Galleta oscura con apariencia quemada debido a las chispas de chocolate
Acción (Qué hacer para eliminar la causa?)	Responsable (Quién lo hará?)	Fecha límite (Cuándo se esperan resultados?)	Observaciones (Cómo, Por qué, Dónde?):
Mantener congeladas las chispas de chocolate a una temperatura menor a 8°C durante todo el tiempo previo al amasado.	Operador	Durante el siguiente ciclo de producción.	Se ha identificado que las chispas de chocolate no cuentan con el almacenamiento adecuado, por lo que se derriten con mayor facilidad y dan la apariencia de estar quemadas. Además, se ha registrado que este problema es más frecuente en la época de verano, cuando la temperatura del medio ambiente se incrementa.

Fuente: Elaboración propia.

⁶³ Técnica que consiste en contestar seis preguntas básicas: qué (WHAT), por qué (WHY), cuándo (WHEN), dónde (WHERE), quién (WHO) y cómo (HOW).

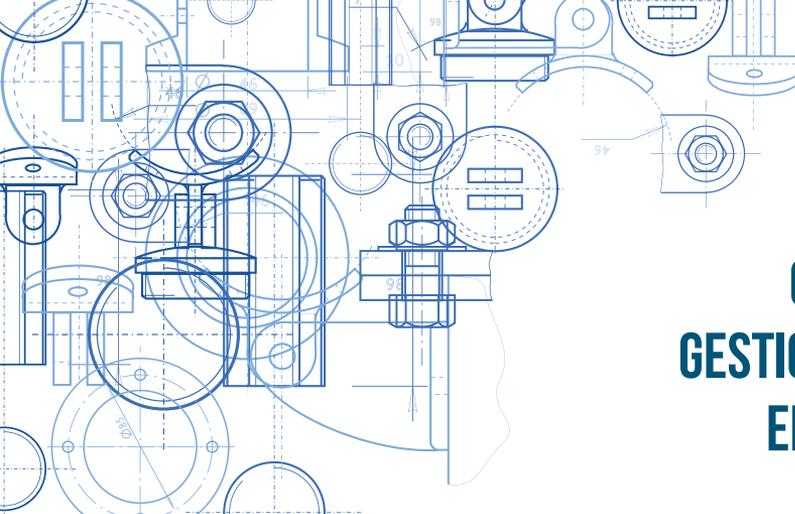
ACTIVIDAD:

En equipo, y a partir de los defectos “Pocos vitales” identificados en el Diagrama de Pareto elaborado en la actividad anterior, realizar un análisis causa-efecto para cada uno de estos defectos, con el objetivo de identificar las causas principales que generan cada defecto, y se puedan plantear los proyectos de mejora para asegurar la calidad y productividad del proceso implementado.

MATERIAL COMPLEMENTARIO:

En el artículo de Marín-Pabón, Olmos-Estrada, De los Reyes-Royero, Lobo-Osorio, Ruiz-Carmona y Troncoso-Palacio (2020), se presenta la aplicación de un diagrama de Pareto, un análisis causa-efecto y gráficos de control en una pequeña panadería. Puede consultarlo a través del siguiente enlace DOI: <http://doi.org/10.17981/bilo.2.1.2020.6>

En el artículo de Escobar, Murillo, Garrido y Troncoso-Palacio (2021), se presenta la aplicación de un diagrama de Pareto y un análisis causa-efecto con el objetivo de mejorar el nivel de servicio de Atención al Cliente en la Industria Farmacéutica. Puede consultarlo a través del siguiente enlace DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.3.1.2021.04>



CAPÍTULO 7. GESTIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya terminado de estudiar este capítulo, usted estará en condiciones de:

1. Explicar qué es un proyecto y por qué son importantes los aspectos económicos para su gestión.
2. Comprender algunos de los conceptos básicos de contabilidad financiera.
3. Identificar los diferentes sistemas utilizados para clasificar costos asociados con un proyecto
4. Clasificar los costos de un proyecto, considerando los lineamientos del sistema de costos por órdenes de fabricación.
5. Determinar los costos de fabricación, incluyendo la determinación de costos unitarios de un producto y su margen de utilidad.

Introducción

El último capítulo de esta obra se inicia tratando el tema de la gestión de proyectos en ingeniería, ofreciendo un breve repaso histórico de su desarrollo. Sin embargo, el resto del capítulo se enfoca únicamente a la parte económica de los proyectos, con la intención de abordar conceptos y técnicas que permitan cuantificar los costos que conlleva cualquier actividad, que deben ser conocidos por un ingeniero industrial para justificar sus propuestas de mejora.

Por ello, se presentan algunos conceptos de contabilidad financiera, incluyendo: ingreso, egreso o gasto, cobro, pago activo, pasivo, pérdidas, beneficios o utilidades, rentabilidad y riqueza.

Posteriormente, se define el concepto de *costo* y se explican algunos sistemas para clasificar los costos en una organización: a) respecto a las actividades de la empresa, b) considerando el volumen de producción, c) de acuerdo con su relación con el producto, y d) por órdenes de fabricación.

A continuación, se detallan los elementos de este último sistema para clasificar los costos por órdenes de fabricación, que es el más utilizado; se incluyen ejemplos de formatos que pueden utilizarse como medio para calcular y registrar los gastos que tiene la empresa durante la operación: materia prima directa, mano de obra directa y gastos fabriles, incluyendo ejemplos que permitirán al estudiante replicar el ejercicio y lograr determinar los costos para sus proyectos.

7. 1. Proyectos en ingeniería. Un breve repaso histórico

Actualmente, la ingeniería no debe limitarse únicamente a desarrollar soluciones que atiendan los problemas que se presentan en las diferentes disciplinas, sino que también es importante que todo ingeniero desarrolle habilidades para gestionar todo tipo de **proyectos**⁶⁴ (inversión, operación o mantenimiento de una empresa), tomando en consideración todas las variables que pueden afectar el éxito de las soluciones propuestas.

Hasta este momento se han abordado algunas de las variables técnicas u operativas básicas que deben considerarse en un proyecto en el campo de la ingeniería industrial, pero hay otras variables de carácter económico que es imprescindible estudiar para asegurar que las decisiones que se tomen sean las mejores. Por esto se considera necesario que los ingenieros estén conscientes de la importancia de esta rama de la ingeniería, relacionada con los costos de las soluciones planteadas.

Históricamente, como disciplina, la gestión de proyectos se ha desarrollado en diversos campos del conocimiento, siendo la industria de la construcción uno de los más representativos donde se ha tenido la necesidad de coordinar diferentes esfuerzos para obtener las grandes obras civiles, desde las pirámides y centros ceremoniales de civilizaciones primitivas, hasta las grandes construcciones de ingeniería que se han desarrollado a partir de la Revolución Industrial, como son las vías del ferrocarril, carreteras, puentes y caminos, presas, o los grandes edificios ciudadanos y fabriles.

En ingeniería industrial, se consideran como precursores de la gestión de proyectos a personajes como Henry Gantt, por el uso del Diagrama de Gantt para organizar el trabajo considerando los recursos disponibles, sobre todo el tiempo; así como Henri Fayol, por su propuesta de cinco funciones de gestión en los cuales se basa el tema de proyectos. Sin embargo, como otras disciplinas, la gestión de proyectos también ha visto su mayor desarrollo después de la Segunda Guerra Mundial, siendo la década de 1950 el comienzo de la era de la gestión moderna de proyectos donde se desarrollaron modelos matemáticos para proyectar tiempos, tal como el método de la ruta crítica (CPM,⁶⁵ por sus siglas en inglés) y la técnica de revisión y evaluación de programas (**PERT**).⁶⁶

Además, en esta década también se desarrollaban técnicas y herramientas para estimar costos asociados con los proyectos y la **ingeniería económica**. Antes de esta época, los ingenieros estaban preocupados principalmente con el diseño y operación de máquinas y procesos, sin prestar tanta atención a los recursos que se gastaban para elaborar el producto final. Sin embargo, mientras las fábricas dominaban estos elementos, cada vez fue más evidente que también debían considerarse los principios básicos de finanzas y contabilidad para asegurar su eficiencia (Gutarra Meza, 2015). Es así como los profesionales fundaron instituciones dedicadas a estos temas, como la Asociación Americana de Ingenieros de Costos (ahora conocida como AACE International; Asociación para el Avance de la Ingeniería de Costos) en Estados Unidos en 1956, la Asociación Internacional para la Gestión de Proyectos (IPMA, por sus siglas en inglés) en Europa en 1967, y el Project Management Institute (PMI, Instituto para la Gestión de Proyectos) en Estados Unidos en 1969. Este último publicó un libro que recopila el cuerpo de conocimientos y prácticas comunes asociados con el tema de la gestión de proyectos (el *PMBOK*), y ofrece diversas certificaciones profesionales.

⁶⁴ Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. A diferencia de un proceso, un proyecto tiene un inicio y un fin claramente delimitado, considerando además del tiempo, variables de calidad y presupuesto (costo).

⁶⁵ El CPM (Critical Path Method) es una técnica utilizada para el cálculo de los tiempos que se requiere para desarrollar un proyecto, y evitar retrasos, al diferenciar el camino o ruta crítica (el que no debe retrasarse, porque al hacerlo, retrasaría todo el proyecto) de los otros caminos donde puede haber holgura.

⁶⁶ El PERT (Program Evaluation and Review Techniques) es una técnica que tiene el mismo objetivo y lógica que el CPM, pero que en vez de usar tiempos determinísticos (fijos) para cada actividad, calcula los tiempos a partir de tres estimaciones: pesimista, optimista y más probable, a través de una fórmula.

Hoy en día, estas consideraciones económicas son vitales en el proceso de toma de decisiones del ingeniero industrial, que debe tener el dominio suficiente de los principios básicos de finanzas y contabilidad que se incluyen dentro de la ingeniería económica para justificar las mejoras planteadas en las organizaciones (Gutarra Meza, 2015).

En cualquier profesión, la ingeniería económica se refiere a la evaluación de los resultados económicos de los proyectos de inversión, operación o mantenimiento de una empresa para obtener información que apoye la toma de decisiones respecto a su aceptación en lo económico, es decir, asegurarse que sean viables y arrojen un balance positivo entre los costos y los beneficios a largo plazo (Sullivan, Wicks, & Luxhoj, 2004). Los conceptos que se incluyen en esta disciplina proporcionan una herramienta para evaluar soluciones potenciales a problemas de producción o manufactura, usando principios de contabilidad para ver cuál solución es la más viable económicamente, cubriendo temas tales como retorno de la inversión, el flujo de efectivo, el capital de trabajo y la rentabilidad (Gutarra Meza, 2015).

Así pues, la ingeniería económica mide en unidades monetarias las decisiones que los ingenieros industriales toman, o las propuestas de solución que recomiendan en su trabajo para mejorar los procesos en una empresa, para que sea productiva, rentable y competitiva. Por ejemplo, si un ingeniero de la Ford Motor Company propone el uso de un nuevo lubricante para transmisión más costoso que el actual, pero que ha demostrado optimizar el desempeño de sus productos –el automóvil–, mejorando su rendimiento en 10% los kilómetros recorridos por litro de gasolina, y aumentando la vida de la transmisión en 48 000 kilómetros, ¿le conviene hacer este cambio que implica gastar más? Las técnicas de ingeniería económica, como el **análisis costo-beneficio**⁶⁷ (ABC, por sus siglas en inglés), permiten responder a este tipo de interrogantes, ya que posibilita determinar la conveniencia del proyecto mediante la enumeración y valoración en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto.

7. 2. Algunos conceptos de contabilidad financiera

Como ya se ha mencionado, una empresa es una unidad productiva dedicada y agrupada para desarrollar una actividad económica, y tiene ánimo de lucro, es decir, tiene el objetivo de producir algo o prestar un servicio que cubra una necesidad y obtener beneficios a cambio, dinero o derechos de cobro a su favor, a hacer efectivos en fechas estipuladas, aumentando así el patrimonio empresarial (Gutarra Meza, 2015).

Cuando aumenta el patrimonio empresarial, y este incremento no se debe a nuevas aportaciones⁶⁸ de los propietarios o socios, se produce un **ingreso** al momento de la venta, aunque el cliente pague en parcialidades. Aquí es importante distinguir el concepto de ingresos de los **cobros**. Así, por ejemplo, si una empresa dedicada a la compra-venta de electrodomésticos vende uno de éstos por \$1 000, y acuerda con el comprador que éste lo pagará en dos partes iguales, el primero en el momento de la venta y el segundo 30 días después, en la fecha de la venta se produce un ingreso de \$1 000 y un cobro de \$500, y el importe restante ya no se considera como ingreso, sino sólo como otro cobro de \$500.

⁶⁷ Técnica que valora los costos asociados de diversas alternativas de solución en contra del total de los beneficios previstos, con el fin de seleccionar la mejor opción o la más rentable. Se basa en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana, y supone que, en todo caso, donde los beneficios superan el costo se tendrá éxito, de lo contrario habrá fracaso.

⁶⁸ Las aportaciones son cantidades monetarias que los socios ingresan a las cuentas bancarias de la empresa, con la finalidad de cubrir pérdidas de años anteriores, financiar nuevas inversiones o expandirse.

Por su parte, cualquier empresa, para funcionar, no sólo requiere invertir en infraestructura y equipo, que se convierten en sus **activos**, que mantiene durante el desarrollo de su actividad, sino también adquirir ciertos bienes y servicios temporales como energía eléctrica, gas, agua, mano de obra, insumos, etc., y al hacerlo realiza un **egreso** o **gasto** cuando se utiliza el suministro eléctrico para mantener operativas sus instalaciones o se disfruta de la mano de obra de sus trabajadores, y que conlleva una disminución del patrimonio empresarial. Aquí es importante distinguir este concepto con el **pago**, el cual se produce en la fecha en la que sale dinero de las cuentas bancarias de la empresa para remunerarlos. Así, se genera un gasto al disfrutar de cierto servicio, mientras que el pago se efectúa cuando se recibe el bien o servicio o en la fecha convenida, y cuando aplaza su pago y contrae una obligación de pago que se integrará al **pasivo**, el cual se conforma por el conjunto de obligaciones impuestas por la financiación de los diversos acreedores de la empresa y representa el fondo monetario que ésta posee y debe a terceros, y por lo tanto tiene que pagar o devolver; tales como los pagos a bancos por créditos y préstamos, a proveedores, impuestos, salarios a empleados, etcétera.

Asimismo, es importante diferenciar los egresos o gastos de las **pérdidas** y los ingresos de los **beneficios o utilidades**: las pérdidas y beneficios se determinan en función de los ingresos y egresos producidos en un periodo determinado, en lo que se conoce como **estado de resultados**. Si los ingresos fueron mayores que los gastos, significa que hubo utilidades, pero si los gastos son mayores que los ingresos, se presentaron pérdidas.

Conocer las pérdidas y utilidades de una empresa en un periodo permite una medición simple de su **rentabilidad**: si los ingresos son mayores que los gastos, se puede decir que la empresa es rentable; pero cuando los gastos son mayores a los ingresos, se dice que no es rentable. Sin embargo, una medición más precisa de la rentabilidad se obtiene al determinar la relación existente entre las utilidades o beneficios obtenidos y la inversión o los recursos utilizados para generarlos. Así pues, la rentabilidad empresarial no es más que una forma de expresar la efectividad o desempeño organizacional (Chacón, 2007).

Puede suceder en cierto tipo de mercados o empresas que esas utilidades no se generen en el primer o segundo año de funcionamiento, pero que mejoran su rendimiento año con año, hasta llegar a producirlas y ser rentable. De lo contrario, la razón de ser de la empresa no se cumple, pues ésta existe para generar **riqueza**, es decir, dinero, productos innovadores, conocimientos y experiencias que enriquezcan a la sociedad, que es la principal responsabilidad que tiene la empresa, ya que si la empresa no gana dinero, entonces tampoco puede generar empleo, comprar insumos a sus proveedores, pagar impuestos al gobierno ni desarrollar nuevos productos que beneficien a los consumidores (Gutarra Meza, 2015).

Así pues, los resultados tangibles que muestran el aporte de la empresa a la sociedad están en lo que vende, lo que paga y las utilidades que produce, siendo estas últimas las que mejor miden el **éxito** de la empresa y su capacidad de sostenibilidad en el largo plazo, ya que también es su responsabilidad crecer en el tiempo, pues al crecer empleará a más personas, comprará más insumos y generará más bienestar con sus productos. Pero nada de esto es posible si no se producen utilidades.

7. 3. Clasificación de los costos

Los ingenieros industriales necesitan conocer no sólo el lenguaje contable, sino que deben dominar las técnicas y herramientas de análisis de costos para justificar sus propuestas de solución (Gutarra Meza, 2015). Para esto, primero resulta necesario conocer la naturaleza de los costos y cómo éstos se clasifican.

Se le llama **costo** a la suma de las erogaciones o egresos de una empresa para adquirir un insumo (bien o servicio) de cierto proveedor, con el cual se espera realizar una transacción que le permita generar un ingreso (Rojas Medina, 2007).

Una primera clasificación se puede hacer respecto a las actividades de la empresa: a) **costos de producción**, se generan durante el proceso de transformación de los insumos en el producto final, incluyendo gastos relacionados con la compra de materia prima, pago de sueldos y salarios de la mano de obra, subcontratación de actividades de fabricación, compra o mantenimiento de máquinas y herramientas); b) **costos de distribución o ventas**, se generan en el área encargada de llevar el producto desde la empresa hasta el consumidor final, concentra los egresos relacionados con el transporte, almacenaje, publicidad, pago de comisiones a los vendedores, etc.; y c) **costos administrativos**, originados en las áreas encargadas de la administración de la empresa (pago de salarios, material de oficina, mantenimiento, vigilancia, y otros servicios para mantener las oficinas funcionando) (Alvarado Verdín, 2016; Rojas Medina, 2007).

Sin embargo, la clasificación que se considera la más representativa, considera tres factores: a) **materia prima directa (MPD)**, materiales necesarios en la elaboración de un bien o servicio que pueden identificarse cuantitativamente dentro del producto y cuyo importe es considerable; b) **mano de obra directa (MOD)**, remuneración en salario o en especie, que se ofrece al personal que interviene directamente en la transformación de la materia prima en un producto final, y c) **costos indirectos de fabricación (CIF)**, también denominados carga fabril, son otros gastos generales de fabricación que intervienen dentro del proceso de transformación, pero que son distintos a los otros dos (MPD y MOD). A su vez, los CI se subclasifican en tres categorías: a) **materia prima indirecta**, que son materiales que no forman parte del bien o servicio, pero que son necesarios; b) **mano de obra indirecta**, que son los empleados que apoyan el proceso de producción, pero que no participan en forma directa en la transformación de la materia prima en el bien o servicio; y c) **gastos indirectos de fabricación (GIF)**, que son los gastos que realiza la empresa para mantener su infraestructura e implementar el proceso productivo, tales como combustibles, rentas, seguros y servicios en general.

Por otro lado, otra forma de calcular los costos es considerando el volumen de producción, donde los costos dependerán de la variabilidad respecto a la cantidad de unidades producidas. Desde esta concepción, los costos pueden dividirse en: a) **costos variables**, que son aquellos cuyo monto varía de manera directamente proporcional al volumen de unidades producidas, como el gasto por la compra de la materia prima; b) **costos fijos**, que se relacionan con la infraestructura de la empresa, y se mantienen constantes ante el volumen de producción, es decir, su monto no varía en el tiempo, como las rentas y salarios de empleados de oficina, y c) **costos semifijos o semivARIABLES**, los cuales se componen de una parte fija al establecer un contrato y una parte variable que se cobra en función al consumo, tales como el gas, teléfono, energía eléctrica, etc. Así, aunque los costos variables aumenten al incrementar la producción, entre más cantidad de productos se elaboren, menor será el costo unitario final (Alvarado Verdín, 2016).

Asimismo, los costos también pueden clasificarse de acuerdo con su relación con el producto en dos categorías: a) **costos directos**, que se pueden cuantificar y asignar a un producto específico, área, proceso o unidad de producción; y b) **costos indirectos**, que no son cuantificados ni asignados a ninguna unidad de producción, pero que son necesarios para que esta actividad pueda llevarse a cabo.

Adicionalmente, existen otras formas para clasificar los costos, por ejemplo, de acuerdo con el tiempo en que fueron calculados (como costos históricos o costos predeterminados), y según el tiempo en que se enfrentan los ingresos (costos del producto o costos del periodo).

Cualquier gasto analizado en una empresa puede clasificarse siguiendo una o más de las clasificaciones anteriores. Por ejemplo, el gasto que se hace para comprar materia prima puede ser

clasificado como costo MPD, considerarse como un costo variable debido a que su monto varía en función con el volumen del producto a elaborar, y además calificarse como costo directo, ya que es fácilmente asignable a un producto. Asimismo, una renta de una oficina puede clasificarse como GIF al ser un costo del área de administración, verse como fijo porque no varía con el volumen de producción, e indirecto al no poderse relacionar directamente a la producción de un bien o servicio.

7. 4. Determinación de costos en el sistema de costos por órdenes de fabricación

Los sistemas de costos son el conjunto de registros contables y procedimientos de cálculo que permiten la determinación de los costos unitarios de producción, con el fin de apoyar la toma de decisiones relacionadas con la operación de una empresa. En estos sistemas se resume lo acontecido en los ciclos productivos, facilitando la conversión del trabajo a unidades monetarias, al expresar el importe de un bien o servicio de manera unitaria, de acuerdo con la unidad establecida para su conteo (unidad, par, pieza, litro, caja, etc.) (Alvarado Verdín, 2016).

Estos sistemas se clasifican en dos grupos, de acuerdo con el tiempo de cálculo respecto al ciclo productivo, y pueden ser: a) históricos o reales, que a su vez pueden ser por órdenes, procesos u operaciones; o b) predeterminados, que pueden ser estimados o estándar.

El sistema más básico que toda empresa puede aplicar, sobre todo aquellas donde el proceso productivo se basa en lotes o se efectúa bajo solicitudes y especificaciones del cliente, como en las micro y pequeñas empresas, es el **sistema de costo por órdenes**,⁶⁹ en el cual cada uno de los costos dentro del proceso productivo se pueden identificar directamente con el producto y, por lo tanto, se le asigna a la orden que lo genera. Así pues, cada uno de los elementos integrantes del costo de producción se van acumulando en la orden respectiva y el costo unitario se obtiene al efectuar el cociente entre la liquidación de la orden de producción con el número total de unidades resultantes de la orden (Rojas Medina, 2007).

El documento de contabilidad que se utiliza en este sistema se llama **hoja de costos de trabajo**, la cual contiene la acumulación de costos para cada trabajo, subdividida en las principales categorías de costos, resumiendo el valor de materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación o carga fabril, aplicados para cada orden de trabajo procesado. Estos documentos pueden variar de una empresa a otra, pero es común que se incluyan los elementos representados en la Figura 53, los cuales se describen a continuación.

Figura 53. Ejemplo de hoja de costos de trabajo

Industria NN hoja de costos Orden No. _____			
Cliente _____	Fecha inicio _____		
Artículo _____	Fecha terminación _____		
Costo total _____	Costo unitario _____		
Semana que termina	Materiales directos	Mano obra directa	Carga fabril
12-01-05	13 450 000	2 300 000	800 000
12-08-05	5 600 000	1 600 000	700 000
12-15-05	1 700 000	280 000	500 000
Total	20 750 000	4 180 000	2 000 000

Fuente: Rojas Medina (2007).

⁶⁹ Al sistema de costos por órdenes de fabricación también se le conoce como sistema de costos por órdenes específicas de producción, lotes de trabajo, o pedidos de los clientes.

En la parte superior se anotan los datos generales referentes a la orden de producción correspondiente, tales como: número de la orden de producción, nombre del cliente que hace el pedido, descripción de los artículos que se van a fabricar —que se hace generalmente por un número de referencia—, cantidad de los artículos que se fabricaron en el lote, y fecha de inicio y terminación del periodo que comprende la hoja de trabajo. Los datos de costo total y costo unitario se obtienen al final, cuando se termina de fabricar la orden de producción y se liquidan sus costos.

La parte inferior de la hoja es una sección dividida en tres columnas, donde se anotan los datos correspondientes a cada uno de los elementos del costo de producción de la orden. En ella se van anotando los distintos costos (materiales directos, mano de obra directa y costos generales de fabricación) mientras se van realizando. Para obtener la información de los costos de los materiales directos y mano de obra directa, se deben considerar las compras de materiales y el pago de salario de la mano de obra, los cuales se registran diario o semanalmente, pero normalmente los costos indirectos de fabricación se anotan al final. Una vez anotados todos los costos en la respectiva columna de la hoja de costos, se suman verticalmente cada una de las cifras de las tres columnas, y luego estas cantidades se totalizan horizontalmente para obtener el costo total de la orden de producción (\$26 930 000 en este ejemplo), y por último, este costo total se divide por el número de unidades producidas en el lote para obtener el costo unitario de cada producto. Ambos datos se registran en el encabezado de la hoja.

Para llenar este formato de hoja de costos de trabajo, de acuerdo con el sistema de costos por órdenes de fabricación, se requiere calcular los costos por pedido o lote de fabricación, usando la clasificación más representativa: MPD, MOD y CIF. Por ello, a continuación se explica cómo determinar cada uno de estos tipos de costos.

Materia prima directa (MPD)

Recordando, en esta categoría se incluyen los materiales necesarios en la elaboración de un bien o servicio, que pueden identificarse cuantitativamente dentro del producto y cuyo importe es considerable. Por ejemplo, para fabricar panes se puede necesitar una pequeña cantidad de agua, cuyo importe debe considerarse en esta categoría, a pesar de que formará parte del producto terminado, y debe contabilizarse en los CIF como carga fabril, porque de lo contrario requeriría hacer la contabilización específica de cuánta agua se usó para cada orden de producción, y el tiempo y esfuerzo necesario para medir esto implicaría costos adicionales que elevarían el costo total (Rojas Medina, 2007). Así pues, en la producción de cualquier artículo se debe diferenciar los materiales principales para hacer un producto (por ejemplo: harina para elaborar galletas, tela para ropa o madera para muebles), del resto del material adicional necesario (por ejemplo: bolsa para empacar galletas, hilo para coser la ropa o pegamento para unir la madera). Ambos tipos de costos de materia prima se deben contabilizar, pero en este apartado de MPD sólo se debe incluir la materia prima principal, considerando no sólo el valor de la compra de la mercancía, sino que se debe determinar exactamente cuánto fue lo que se usó de los materiales en la producción del pedido o lote específico.

Primeramente, para determinar el costo por compra de materiales de producción, simplemente se realiza una sumatoria de los costos de toda la mercancía comprada, se efectúe al contado o crédito, con descuento o sin descuento, o con o sin **flete**.⁷⁰ Por ejemplo, si se adquiere 1 000 kilogramos de material A, con un costo de \$1 000 por kilogramo, y el proveedor concede un descuento del

⁷⁰ Los fletes son cargos adicionales a las compras entregadas a domicilio, que aumentan el valor de importe, es decir, son cargas al costo de las materias primas.

10%, la materia prima tendrá un valor de \$900 000, y el flete por llevarlo a la empresa es de \$50 000, el costo total de la compra debe de \$950 000.

Por otra parte, para determinar la cantidad exacta de materiales utilizados para la producción, es decir, cuando se hacen las compras de un material, generalmente la presentación que tiene es mayor a la cantidad utilizada en el pedido o lote de producción, por lo que se debe realizar el prorrateo correspondiente. Por ejemplo, en la Tabla 10 se muestra cómo realizar este cálculo para la fabricación de un pedido de galletas, para lo cual se compró mantequilla a \$63.50 en una presentación de 225 gr, pero se utilizaron 631 gr, por lo que para ese pedido el prorrateo se haría con la expresión: $(63.50 * 631) / 225$, obteniendo el costo de este material de \$178.08; lo mismo se haría para todos los materiales, y al sumar todos los costos distribuidos o prorrateados se obtendrá el costo total MPD.

Tabla 10. *Cálculo de costos de materia prima directa (MPD)*

Material	Descripción del producto adquirido	Costo (\$)	Cantidad requerida	Costo prorrateado (\$)
Mantequilla	Barra de mantequilla sin sal 225 gr.	\$63.50	631 gr	\$178.08
Vainilla	Saborizante artificial Great Value 250 ml	\$12.00	28 ml	\$1.34
Huevos	Huevo blanco Bachoco 18 pzas.	\$67.00	6 pza	\$22.33
Azúcar	Azúcar morena Zulka 1 kg	\$42.00	639 gr	\$26.84
Harina	Harina de trigo Selecta 1 kg	\$22.50	1 kg	\$22.50
Sal	Sal La Fina 1 kg	\$16.50	21 gr	\$0.35
Polvo para hornear	Royal 110 gr	\$21.00	16 gr	\$3.05
Total MPD				\$254.50

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra directa (MOD)

En esta categoría se incluye la remuneración del personal que interviene directamente en la transformación de la materia prima en un producto final, es decir, los operarios.

La contabilización de la mano de obra en un sistema de costos requiere llevar un control de tiempo trabajado y datos de la nómina, como el costo por hora laborada por cada trabajador. Para el control de tiempo, comúnmente se utilizan dos documentos que permiten mantener un registro de las horas trabajadas: a) la **tarjeta de tiempo**, que es un registro de la asistencia de los empleados que permite cuantificar el número de horas regulares y tiempo extra que se ha trabajado, que puede ser elaborada manualmente en una libreta, o usando la tecnológica con tarjetas que se insertan en una máquina lectora varias veces cada día (al llegar, salir y regresar de comer, y al terminar la jornada), o en su defecto, con lectores de huellas dactilares; y b) las **boletas de trabajo**, que son producidas generalmente por los supervisores, a través de las cuales informan el detalle de las actividades que desarrollaron cada uno de los operarios, incluyendo la hora de inicio y la hora de terminación (ver ejemplo en la Figura 54). Ambos tipos de registros facilitan el cálculo de los costos totales de la nómina, pero en especial las boletas de trabajo, ya que en ellas se puede identificar el lote o pedido en que trabajó cada operario.

Figura 54. Ejemplo de boletas de trabajo

Tiquetes de tiempo				
Nombre del trabajador _____			Fecha _____	
Código _____		Departamento _____		
No. de orden	Hora inicio	Hora terminación	Total horas	Actividad desarrollada

Fuente: Rojas Medina (2007).

Para determinar el costo de la mano de obra en cada una de las órdenes, también se requiere conocer la tarifa por hora laborada (normal o tiempo extra), que, al multiplicarse por el tiempo trabajado y registrado en las boletas de trabajo, permite obtener el costo de mano de obra. Es decir, se debe considerar el salario de cada una las funciones que intervienen, el tiempo que interviene su participación en la fabricación del lote, así como el valor de cada tipo de hora.

Por ejemplo, para la manufactura de un pedido de sillas de madera realizada a una empresa que labora de lunes a viernes, de 7:30 a. m. a 12:30 p. m. y de 1:00 a 5:30 p. m., se emplearon tres operarios. De acuerdo con las boletas de trabajo, se determinó que el consumo real de horas hombre en la orden de producción fue el que se muestra en la Tabla 11: el operario 1 trabajó 1 hora regular en ese pedido, mientras que el segundo y el tercero sólo 0.5 horas regulares. Considerando una tarifa de \$33.35 la hora regular y \$40 el tiempo extra, el total de mano de obra directa en este lote se calcularía con la siguiente expresión: $MOD = (1 * 33.35) + (0.5 * 33.35) + (0.5 * 33.35) = \66.70 .

Tabla 11. Cálculo de costos de mano de obra directa (MOD)

Orden	Operador	Tiempo dedicado (hr)		Costo por hora (\$)		Costo total por operador
		Normal	Extra	Normal	Extra	
1	1	1	0	\$33.35	\$66.70	\$33.35
	2	0.5	0	\$33.35	\$66.70	\$16.68
	3	0.5	0	\$33.35	\$66.70	\$16.68
					Total MOD:	\$66.70

Cuándo se pagan horas extras, por ejemplo, si el operario 1 trabajó horas normales, el segundo 7 horas normales y 2 extra, el operador 3 solamente trabajó 4 horas normales y 1 extra. Considerando una tarifa de \$20 la hora regular y \$40 el tiempo extra, el total de mano de obra directa en este lote se calcularía con la siguiente expresión: $MOD = (9 * 20) + (7 * 20 + 2 * 40) + (4 * 20 + 40) = \520 .

Costos indirectos de fabricación (CIF) o carga fabril

Los costos indirectos de fabricación, también denominados carga fabril o costos generales de fábrica, comprenden todos los costos de producción que no están catalogados como materiales directos, ni como mano de obra directa, por no estar directamente involucrados en el proceso de transformar la materia prima en un producto final, así como otros gastos que se tienen para que la fábrica funcione, tales como la depreciación de la maquinaria y equipo (incluyendo el transporte), los gastos para su uso y mantenimiento (como combustibles o cualquier consumible), la renta del lugar, su limpieza, y cualquier otro servicio para hacerlo funcional, como el pago de contratos de agua, luz, gas, Internet, seguro, etcétera.

Dentro de la categoría de **materia prima indirecta (MPI)**, se debe contabilizar aquella que se requiere para elaborar el producto, pero que es difícil de asignar en términos económicos a dichos productos; por ejemplo, las bolsas de empaque y embalaje, las cintas para envolverlos, grapas, pegamento, entre otros.

Por su parte, en la categoría de **mano de obra indirecta (MOI)**, es decir, aquella que se requiere dentro del proceso productivo, pero que no ejerce directamente un esfuerzo dentro del proceso de transformar la materia prima en un producto final, se deben contabilizar los trabajadores, como los diseñadores del producto, supervisores del trabajo, guardias, mecánicos, administradores, entre otros.

Asimismo, dentro de la carga fabril hay **otros gastos**, que pueden ser variables o fijos, que de igual manera se deben contabilizar, tales como la energía eléctrica, gas, agua, renta del inmueble y del vehículo de reparto, gasolina, depreciación del equipo, materiales de mantenimiento y limpieza, pago de impuestos, entre otros.

Contabilizar todos estos gastos dentro de la carga fabril no es una tarea fácil, sobre todo porque el monto debe ser distribuido en las distintas órdenes de producción, y porque además de esto, algunos costos son variables y solamente pueden ser establecidos al final de un periodo, tales como los servicios de agua y luz (su valor sólo puede ser conocido días después de terminado el mes). Sin embargo, es muy relevante su determinación, ya que, como lo menciona Ovidio (2001), se estima que la carga fabril constituye 26% de los costos de producción, mientras que las materias primas representan 65%, y la mano de obra directa solamente 9%.

Por ello se suele realizar estimaciones de los costos indirectos de fabricación en el periodo con el valor presupuestado de los costos indirectos de fabricación totales, asignando la carga fabril a cada orden en la medida que ésta se termine; normalmente estas estimaciones se suelen hacer con base en **pronósticos**, como los construidos con base en modelos de regresión establecidos con el método de los mínimos cuadrados (Rojas Medina, 2007). Sin embargo, sea cual sea la forma de estimar, el resultado será un listado de costos, como el mostrado en el ejemplo de la Tabla 12, donde se presentan algunos de los costos de carga fabril de una empresa que fabrica galletas.

Es importante mencionar que la lista del ejemplo anterior solamente incluye algunos de los costos operativos, sin mencionar los costos de las depreciaciones por el uso de la maquinaria y herramienta utilizado (hornos, charolas, etc.) ni otros conceptos, como el pago de impuestos de las propiedades, o el transporte requerido para la entrega de los productos a los clientes.

Tabla 12. *Estimaciones de costos de carga fabril*

Categorías	Descripción del producto/servicio adquirido	Costo total (\$) prorrateado
Materia Prima Indirecta (MPI)		
Bolsas de empaque	Bolsa de polipropileno 11.5 x 15 cm (25 piezas)	\$14.00
Listón Curly para empaque	Carrete de 100 m	\$0.76
Etiquetas adhesivas para empaque	Paquete de 100 piezas (2.5 x 7.6 cm)	\$2.90
Lavatrastes líquido	Lavatrastes líquido 1.5 l.	\$1.40
Mano de Obra Indirecta (MOI)		
Jefe de producción	Salario por hora	\$73.85
Supervisor de producción	Salario por hora	\$67.69
Inspector de calidad	Salario por hora	\$43.08
Otros gastos		
Agua	Recibo mensual	\$2.39
Luz	Recibo bimestral	\$1.67
Gas	Cilindro de 30 kg (duración aprox. 30 días)	\$2.67
Renta del inmueble (cocina)	Recibo mensual	\$11.11
	Total CIF	\$224.50

Fuente: Elaboración propia.

Otro punto de relevancia a considerar en esta categoría CIF es que normalmente una empresa fabrica más de un producto, y todos estos productos comparten los gastos fabriles, por lo que la carga fabril no es fácilmente rastreable hacia cada producto individual. Por esta razón, deben realizarse cálculos que permitan compartir de manera equitativa los costos, y existen diversos métodos para hacerlo, como el denominado **método ABC (costeo basado en las actividades)**, el cual realiza la asignación de los costos de acuerdo con las actividades que se tienen que realizar para elaborarlos (adquirir materiales, recibir materiales, programar la producción, realizar control de calidad, *setup* de la maquinaria, movimiento de materiales, limpieza de la planta, etc.), o el método tradicional, que adjudica la carga fabril a través de la utilización de una unidad de distribución, generalmente basada en el volumen de producción: horas máquina, horas hombre, entre otros (Ovidio, 2001).

ACTIVIDAD:

Realice la determinación de costos de producción de su proyecto, considerando los siguientes formatos para determinar cada uno de sus elementos:

a. Costos de materia prima de directa (MPD).

<i>Material</i>	<i>Presentación (gr)</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Uso real (gr)</i>	<i>Costo prorrateado</i>
MPD:				

b. Costos de mano de obra directa (MOD).

<i>Orden</i>	<i>Operador</i>	<i>Tiempo dedicado (hr)</i>		<i>Costo por hora (\$)</i>		<i>Costo total por operador</i>
		<i>Normal</i>	<i>Extra</i>	<i>Normal</i>	<i>Extra</i>	
MOD:						

c. Costos indirectos de fabricación (CIF).

<i>Categorías</i>	<i>Descripción</i>	<i>Contenido</i>		<i>Costo (\$)</i>	<i>Cantidad requerida</i>		<i>Costo prorrateado (\$)</i>
		<i>No.</i>	<i>Unidad</i>		<i>No.</i>	<i>Unidad</i>	
Materia Prima Indirecta (MPI)							
Mano de Obra Indirecta (MOI)							

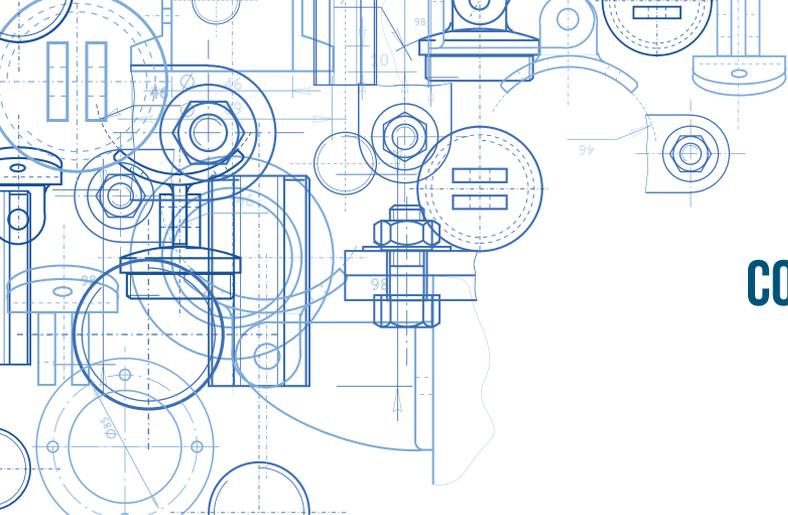
Otros gastos							
CIF							

- d. Hoja de costos donde se determine el costo total de producción y el costo unitario del producto.

<p style="text-align: center;">HOJA DE COSTOS DE TRABAJO PARA LA EMPRESA</p> <p style="text-align: center;"><i>Orden No.</i> _____</p> <p style="text-align: center;"><i>Periodo de trabajo</i> _____</p> <p><i>Cliente:</i> _____</p> <p><i>Producto:</i> _____</p>

- e. Margen de utilidad.

<p style="text-align: center;"><i>Precio al cliente por unidad (\$):</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Ganancia (\$):</i> <i>(Precio-costo unitario)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Margen de utilidad (%):</i> <i>(Ganancia/precio)</i></p>



CONCLUSIONES

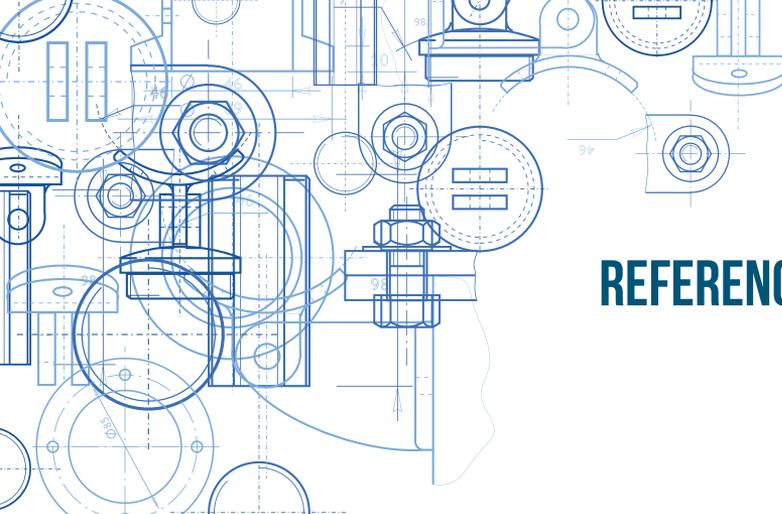
Escribir un libro donde se pretende resumir una disciplina tan compleja y extensa como la ingeniería industrial y de sistemas (IIS), ha presentado un reto técnico, metodológico, pedagógico, de síntesis y de enfoque, ya que desde hace más de 100 años Frederick Taylor sentó las bases de la llamada administración científica junto con otros precursores que la enriquecieron con sus planteamientos, hasta llegar a nuestros días con pensadores como Shigeo Shingo, Edwards Deming, Ludwing von Bertalanffy, entre otros; se han generado un sinfín de filosofías, metodologías, técnicas y herramientas que le han dado cuerpo y forma a la IIS, lo cual le ha permitido estar a la altura para dar respuesta a las complejas necesidades de las empresas en pleno siglo XXI.

Como en cualquier tipo de proyecto, los autores estamos seguros de que todo es perfectible y que el sistema ideal no existe, pero sí es susceptible de mejora. La prueba de fuego vendrá cuando los profesores y estudiantes utilicen este libro y se generen datos para determinar si se cumple con lo que se buscaba, con los objetivos que se plantearon cuando se emprendió la elaboración de esta obra. El material que aquí se presenta, se integró considerando que es un complemento de un programa de curso que deberá enriquecerse con otros objetos de aprendizaje y materiales didácticos que en conjunto cubran con el propósito de iniciar a los estudiantes en la disciplina de IIS, que sea su primer encuentro con la disciplina, sus precursores, las herramientas y técnicas a un nivel básico.

No hay mejor manera de conocer una profesión que viviéndola mediante el desarrollo de pequeños proyectos propios de la IIS. Los autores tenemos claro que no se logra ser experto de manera espontánea, sino a través de un proceso de madurez gradual, partiendo de pequeños retos de donde se obtengan las primeras experiencias al abordar un problema u oportunidad de bajo nivel de complejidad en una taxonomía de ocho escalones como la que aquí se presenta; es decir, que el estudiante aprenda la disciplina de la IIS desarrollando proyectos sencillos, pero bien hechos, y gradualmente más complejos a través del currículo, sometién dose a retos de mayor complejidad, elaborando proyectos que atiendan problemas poco estructurados y con mayor número de variables involucradas (sistemas suaves).

Nos queda la sensación de haber dejado temas inconclusos, pero es el riesgo que se corre cuando se abre el abanico temático que integra la disciplina de la IIS. En esta era de la llamada sociedad del conocimiento debemos avanzar para alcanzar los nuevos retos que se nos presentan a los académicos, donde la inteligencia artificial ha llegado para quedarse, junto con el Internet de las cosas, la analítica de datos, entre otros desarrollos que están cambiando la morfología de las carreras tradicionales, ocasionando que algunas de éstas –se dice cada vez con mayor insistencia–, estén por desaparecer por dejar de ser pertinentes al nuevo contexto. La manera de aprender deberá necesariamente evolucionar, por lo que esta obra hay que tomarla sólo como un complemento y

apoyo para el docente en su meta de iniciar a los nuevos estudiantes de IIS a la disciplina y hacer que se enamoren de este retador estilo de vida que se adquiere cuando se estudia para aprender a gestionar, diseñar y mejorar los procesos en las organizaciones de cualquier giro, tamaño y sector que buscan sobrevivir y ser más competitivos en un mercado global.

A background illustration of a technical drawing or blueprint, featuring various mechanical parts, bolts, and circular patterns in blue lines on a white background.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abhishek, J., Rajbir, B., & Harwinder, S. (2014). Total productive maintenance (TPM) implementation practice: A literature review and directions. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(3), 293-323. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2013-0032>.
- Ackoff, R. L. (2012). *Un concepto de planeación de empresas*. México: Limusa.
- Agloval (4 de abril de 2019). *Distribución y ergonomía en la cocina*. Obtenido de sitio web de Agloval: <https://www.agloval.com/distribucion-y-ergonomia-en-la-cocina/>
- Alefari, M., Salonitis, K., & Xu, Y. (2017). The role of leadership in implementing lean manufacturing. *Procedia CIRP*, 63, 756-761. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.169>.
- Aliaga Aliaga, D. E. (2015). *Análisis y mejora del proceso productivo de una línea de galletas en una empresa de consumo masivo*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6014/ALIAGA_DIA-NE_PROCESO_PRODUCTIVO_GALLETAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Almaraz Alvarado, A., & Barajas Escamilla, M. de R. (2010). *Industria, trabajo y migración internacional en la frontera norte de México*. México: El Colef. <http://colef.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1014/613>.
- Alvarado Verdín, V. M. (2016). *Ingeniería de costos*. México: Grupo Editorial Patria.
- Andonegi Martínez, J. M., Casadesús Fa, M., & Zamanillo Elguezabal, I. (2005). Evolución histórica de los sistemas ERP: de la gestión de materiales a la empresa digital. *Revista de Dirección y Administración de Empresas* (12), 61-72. <https://ojs.ehu.eus/index.php/rdae/article/view/11475/10631>.
- Arellano González, A., Carballo Mendivil, B., & Ríos Vázquez, N. J. (2017). *Análisis y diseño de procesos. Una metodología con enfoque de madurez organizacional*. México: Pearson.
- Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI) (2016). *Ingeniería industrial en México 2030*. Obtenido de <https://www.anfei.mx/publicaciones/libros/>
- Balza Franco, V. I., & Cardona Arbelaez, D. A. (2020). La relación entre logística, cadena de suministro y competitividad: una revisión de literatura. *Revista Espacios*, 41(19), 179-196. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n19/a20v41n19p13.pdf>.
- Barclay, M. E. (2015). *Guía de buenas prácticas de manufactura en panadería y confitería*. Universidad Nacional de la Plata. <https://core.ac.uk/download/pdf/296388388.pdf>.
- Barrera Cámara, R. A., Barrientos-Vera, V., Santiago Pérez, J. del C., & Canepa-Sáenz, A. (2018). Gestión de procesos de negocio. *Inventio*, 14(32), 43-48. <http://dx.doi.org/10.30973/inventio/2018.14.32>.

- Barría, C. (1 de marzo de 2023). Tesla llega a México: las ventajas del país para ser el mayor fabricante de autos eléctricos de América Latina (y qué gran obstáculo enfrenta). *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-6481925>.
- Barrios Ipenza, F. (2013). Análisis de las megatendencias de educación superior. *Apuntes Ciencias Sociales*, 3(2), 185-196. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5043002.pdf>.
- Bertalanffy, L. V. (1968). *Teoría general de sistemas: fundamentos desarrollo y aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica.
- Blanco Barberio, L. G., & Herrero, G. A. (2011). *Proyecto de Inversión y Lay Out para la instalación de una línea de alfajores*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Mar de Plata. <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/613>.
- BRR Refacciones Industriales (s.f.). *10 pasos para crear un plan de mantenimiento preventivo industrial*. Obtenido de sitio web de BRR Refacciones Industriales: <https://brr.mx/plan-de-mantenimiento-preventivo-industrial/>
- Bustos Flores, C. E., & Chacón Parra, G. B. (2007). El MRP en la gestión de inventarios. *Visión Gerencial* (1), 5-17. <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545875010.pdf>.
- Cabanillas Beltrán, F. M. (20 de junio de 2020). *Ingeniería industrial y el desarrollo económico*. Obtenido de CIIPS: <http://www.ciips.mx/2020/06/26/ingenieria-industrial-y-el-desarrollo-economico/>
- Cabeza, M. A., Cabeza, M. E., & Corredor, E. (2010). Principales concepciones de la gestión del mantenimiento una nueva visión gerencial. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 14(55), 139-146. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212010000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es.
- Cámara de Diputados (2022). *Ley Federal del Trabajo*. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFT.pdf>.
- Capristan Saldaña, J. A., & Luna Victoria, S. C. (2022). *Propuesta de mejora en la gestión de logística y producción para reducir los costos operacionales de la empresa La Pastenería S. A. C.* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/29783>
- Carrillo, J., & García, H. (2002). Evolución de las maquiladoras y el rol del gobierno y del mercado en la seguridad en el trabajo. *Papeles de Población*, 8(33), 173-199. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11203305>.
- Carrillo, J., & Hualde, A. (1996). Maquiladoras de tercera generación. El caso de Delphi-General Motors. *Espacios*, 17(3), 1-7. <https://www.revistaespacios.com/a96v17n03/50961703.html>.
- Carrillo, J., & Lara, A. (2004). Nuevas capacidades de coordinación centralizada. ¿Maquiladoras de cuarta generación en México? *Estudios Sociológicos*, XXII(3), 647-667. <https://www.redalyc.org/pdf/598/59806605.pdf>.
- Castell Bermúdez, J., Villarreal, L. C., Fernández, L., Acosta León, O., Mojica Herazo, J., & Rojas Millán, R. (2020). Principales causas que provoca el desabastecimiento en las operaciones logísticas y su impacto en la promesa de entrega. *BILO*, 2(2), 1-6. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/3470/3219>.
- Castellanos, A. (2009). *Manual de gestión logística del transporte y la distribución de mercancías*. Univesidad del Norte.
- Chacón, G. (2007). La contabilidad de costos, los sistemas de control de gestión y la rentabilidad empresarial. *Actualidad Contable Faces*, 10(15), 29-45. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25701504>.
- Chase, R. B., & Jacobs, F. R. (2014). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro* (13va ed.). McGrawHill.

- Checkland, P. (1997). *Pensamiento de sistemas. Práctica de sistemas*. Noriega.
- Churchman, W. (1971). *The Design of Inquiring Systems. Basic Concepts of Systems and Organizations*. Basic Books Inc. <https://www8.informatik.umu.se/~kivanov/ChurchmanDIS.pdf>.
- Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) (2018). Obtenido de CACEI: <http://cacei.org.mx/nvfs/nvfs02/nvfs0210.php>
- Contreras, Ó. F., & Munguía, L. F. (2007). Evolución de las maquiladoras en México. Política industrial y aprendizaje tecnológico. *Región y Sociedad*, 19, 71-87. <https://www.scielo.org.mx/pdf/regsoc/v19nspe/v19nspea5.pdf>.
- Council of Supply Chain Management Professionals (s.f.). *Definiciones y glosario de términos*. Obtenido de sitio web del CSCM: https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (30 de junio de 2009). *Acuerdo por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas*. Obtenido de sitio web de la Secretaría de Gobernación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5096849&fecha=30/06/2009#gsc.tab=0
- Diego-Mas, J. A. (2015). *¿Cómo evaluar un puesto de trabajo?* Obtenido de sitio web de Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: <https://www.ergonautas.upv.es/ergonomia/evaluacion.html>
- Dispatchtrack (s.f.). *Ruta de transporte: tipos, diseño y planificación de rutas logísticas*. Obtenido de sitio web de Dispatchtrack: <https://www.beetrack.com/es/blog/ruta-de-transporte-dise%C3%B1arla>
- Domínguez Osuna, P. M., Oliveros Ruiz, M. A., Coronado Ortega, M. A., & Valdez Salas, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la Revolución Industrial 4.0. *Innovación Educativa*, 19(80), 15-35. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179462794002>.
- Domínguez-Machuca, J. A., García-González, S., Domínguez-Machuca, M. A., Ruiz-Jimenez, A., & Alvarez-Gil, M. J. (1995). *Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. McGraw-Hill.
- EY (2020). *Megatendencias 2020 y más allá*. Obtenido de sitio web de EY: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/es_pe/topics/ey-megatendencias-julio-2020.pdf
- Fayol, H. (1971). *Administración industrial y general*. Editorial Universitaria.
- Flores, F. (1996). *Inventando la empresa del siglo XXI* (Vol. 9a. ed.). Chile: Dolmen Ediciones.
- Forbes (19 de abril de 2023). *Manufactura pesada, la que más se beneficiaría con nearshoring: BBVA*. *Forbes México*. <https://www.forbes.com.mx/manufactura-pesada-la-que-mas-se-beneficiaria-con-nearshoring-bbva/>.
- Found, P., Lahy, A., Williams, S., Hu, Q., & Mason, R. (2018). Towards a theory of operational excellence. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(9-10), 1012-1024. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1486544>.
- Franco Rivera, G. A. (2016). *Estado del arte sobre métodos y técnicas de localización y distribución aplicadas en instalaciones de manufactura y servicios* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Occidente. <http://hdl.handle.net/10614/8585>.
- García Alcaraz, J. L., Alvarado Iniesta, A., & Maldonado Macías, A. A. (2013). Selección de proveedores basada en análisis dimensional. *Contaduría y Administración*, 58(3), 249-278. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39527853011>.
- García, V. (2022). *Cómo elaborar fichas de mantenimiento de maquinaria*. Obtenido de sitio web de Kizeo Forms: <https://www.kizeo-forms.com/es-lat/ficha-de-mantenimiento-de-maquinaria/>
- García-Sabater, J. P. (2020). *Distribución en Planta*. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/152734>.

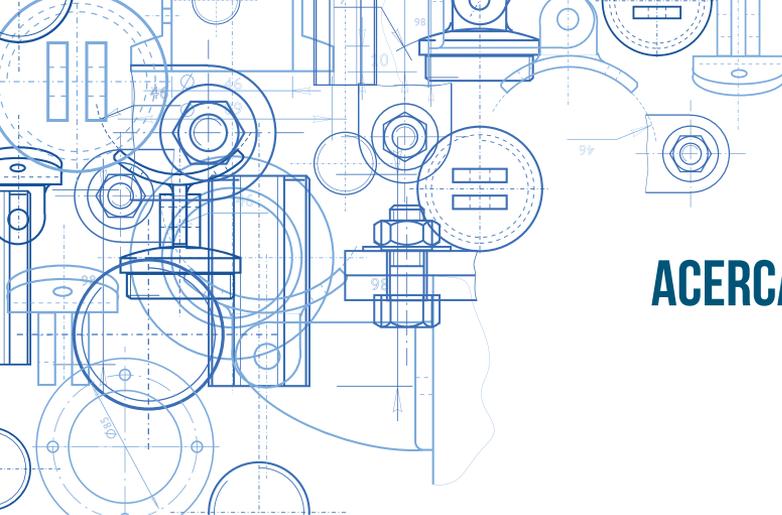
- GlobalSTD (2021). ISO Survey. Obtenido de sitio web de GlobalSTD: <https://www.globalstd.com/blog/iso-survey-2021/>
- Gobierno del Estado de Sonora. (2021). *Plan Estatal de Desarrollo Sonora 2021-2024*. Obtenido de sitio web del Gobierno del Estado de Sonora: https://qrcgcustomers.s3-eu-west-1.amazonaws.com/account16773292/22473365_1.pdf?0.9542900326510602
- Gómez Aparicio, J. M. (2013). *Gestión logística y comercial*. McGraw Hill.
- Gómez Vega, M. C. (2004). El desarrollo de la industria de la maquila en México. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 35(138), 57-83. <https://www.redalyc.org/pdf/118/11825948004.pdf>.
- Gómez Velázquez, K. (2019). Procesos de negocio en la gestión empresarial. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(3), 99-111. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/189>.
- González Ortiz, O., & Villamil Rozo, M. E. (2022). *Introducción a la Ingeniería. Una visión desde sus fundamentos científicos y tecnológicos, y desde el currículo en la formación del ingeniero* (Vol. 2da). Bogotá: ECOE Ediciones.
- González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la industria 4.0. *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22, <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>.
- Grágeda Altamirano, R., & Maldonado López, P. (2007). Grágeda(2007). Sistema Integrado de Manufactura - S.I.M. *Acta Nova*, 3(4), 778-785. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892007000200010&l.
- Granillo Macías, R., & González Hernández, I. J. (2021). Selección y evaluación de proveedores de logística externa en la cadena de suministro: una revisión sistemática. *Cuadernos de Gestión*, 21(2), 7-18. <http://dx.doi.org/10.5295/cdg.191141rg>.
- Guerra López, I. (2007). *Evaluación y mejora continua. Conceptos y herramientas para la medición y mejora del desempeño*. Global Business Press.
- Guillén Fonseca, M. (2006). Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional. *Revista Cubana de Enfermería*, 22(4), 1-6. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192006000400008&lng=es&tlng=es.
- Gutarra Meza, F. (2015). *Introducción a la ingeniería industrial*. Perú: Fondo Editorial de la Universidad Continental.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (3a. Ed.). McGraw Hill.
- Hall, A. D. (1962). *A Methodology for Systems Engineering*. Van Nostrand.
- Heras Saizarbitoria, I., & Arana Landín, G. (2011). Impacto de la certificación ISO 14001 en el rendimiento financiero empresarial: conclusiones de un estudio empírico. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14(2), 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.cede.2011.02.002>.
- Hernández Coria, L. (2015). *Verificación por la NOM-251-SSAI-2009 para el diagnóstico sanitario de servicios de alimentos comerciales adjuntos a una institución educativa universitaria* (Tesis de posgrado). México: Universidad de Morelos. <https://dspace.um.edu.mx/handle/20.500.11972/349>.
- Herrera-Vidal, G., Carrillo-Landazábal, M., Hernández-del Valle, B., Herrera-Vega, J. C., & Vargas-Ortiz, L. (2019). Aplicación de la Metodología 5'S para la mejora de la productividad en el sector metalmeccánico de Cartagena (Colombia). *Revista Espacios*, 40(11), 30-40. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n11/19401130.html>.
- Höök, M., & Stehn, L. (2008). Lean principles in industrialized housing production: the need for a cultural change. *Lean Construction Journal*, 4(1), 20-33. <https://leanconstruction.org/>

- wp-content/uploads/2022/08/Lean_principles_in_industrialized_housing_production_The_need_for_a_cultural_change.pdf.
- Instituto Shingo (s.f.). *The Shingo Model*. Obtenido de sitio web del Instituto Shingo: <https://shingo.org/shingo-model/>
- International Organization for Standardization (ISO) (2015). *ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos*. ISO.
- International Organization for Standardization (ISO) (2004). *Orientación sobre el concepto y uso del "Enfoque basado en procesos" para los sistemas de gestión. Documento: ISO/TC 176/SC 2/N 544R2*. Grupo ISO/TC 176 STTG.
- International Organization for Standardization (ISO) (s.f.). *About us: ISO*. Obtenido de sitio web de iso: <https://www.iso.org/>
- International Organization for Standardization (ISO) (2015). *ISO 9000:2015. Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario*. ISO. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>.
- Kalpakkjian, S., & Schmid, S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología* (5a. Ed.). Pearson Education, Inc.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra (4ta. Ed.): Organización Internacional del Trabajo. <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadena de valor* (8va. Ed.). Pearson.
- Lara, J. (noviembre de 2022). *Centro Mexicano de Estudios Económicos y Sociales*. Obtenido de Hacia una caracterización de la industria maquiladora en México: <https://cemees.org/2022/11/27/hacia-una-caracterizacion-de-la-industria-maquiladora-en-mexico/>
- López Lemos, P. (2013). *Herramientas para la mejora de la Calidad*. FEMETAL.
- Mancheno Saá, M. J., Gamboa Salinas, J. M., Villalba Miranda, R. F., & Hurtado Yugcha, J. d. (2018). Caracterización de la logística comercial y su evolución. *Revista Publicando*, 5(15), 817-833. <https://core.ac.uk/download/pdf/236644507.pdf>.
- Maplink (19 de noviembre de 2021). *¿Cómo hacer una ruta de entrega en Google Maps? ¡Guía práctica!* Obtenido de blog de Maplink: <https://maplink.global/blog/es/como-hacer-ruta-reparto-google-maps/>
- Marín-García, J. A., & Mateo Martínez, R. (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. *Intangible Capital*, 9(3), 823-853. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54928893011>.
- Mayo, E. (1946). *The social problems of an industrial civilisation*. Harvard University. https://www.practicessurvival.com/wa_files/Hawthorne_20Studies_201924_20Elton_20Mayo.pdf.
- Mecalux (7 de septiembre de 2020). *¿Qué tipos de almacenes hay? Una visión general*. Obtenido de sitio web de Mecalux- blog sobre Logística y Supply Chain: <https://www.mecalux.es/blog/tipos-de-almacenes#:~:text=En%20este%20art%C3%ADculo%20exponemos%20un,de%20distribuci%C3%B3n%20y%20de%20tr%C3%A1nsito>
- Medina, J., Romero, R., & Pérez, G. (2009). Localización de una planta industrial: Revisión crítica y adecuación de los criterios empleados en esta decisión. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 8(3), 271-274. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62016349005>.
- Montaño Silva, K., Preciado Rodríguez, J. M., Robles Parra, J. M., & Chávez Guzmán, L. I. (2018). Métodos de trabajo para mejorar la competitividad del sistema de uva de mesa sonorense. *Estudios sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 28(52), 1-25. <https://doi.org/10.24836/es.v28i52.579>.

- Mora García, L. A. (2010). *Gestión logística integral. Las mejoras prácticas en la cadena de abatecimiento*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Morin, E. (1992). *El método III. El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- Mosquera Alzate, J. L., & Ovalle Gómez, W. C. (2021). *Diseño del programa de mantenimiento preventivo para los equipos de los puntos de venta de la empresa hornitos panadería y pastelería*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/28417>.
- Muñoz Pinzón, D. S., Arteaga Sarmiento, W. J., & Villamil Sandoval, D. C. (2018). Uso y aplicación de herramientas del modelo de producción Toyota: una revisión de literatura. *Revista Politécnica*, 14(27), 80-92. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v14n27a8>.
- Murrieta Saavedra, Y. A., Ochoa Ávila, E., & Carballo Mendivil, B. (2019). Reflexión crítica de los sistemas de gestión de calidad: ventajas y desventajas. *Revista En-Contexto*, 8(12), 115-132. <https://doi.org/10.53995/23463279.668>.
- Niebel, B. W. (1976). *Ingeniería industrial. Estudio de tiempos y movimientos*. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A. de C. V.
- Ocampo, E. (2008). Elementos de gestión organizacional. En A. Velásquez Contreras, E. Ocampo Ferrer, L. Rodríguez Valbuena, & M. Mendoza Torres, *Administración, diseño y modelamiento de cadenas de abastecimiento*. Bogotá: Fundación Universidad Autónoma de Colombia.
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) (2017). *Manual de buenas prácticas de manufactura para productos acuícolas y pesqueros*. OIRSA. <https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/-Manual%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20de%20manufactura%20en%20productos%20acu%C3%ADcolas%20y%20pesqueros%20-%20OIRSA.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Organización Mundial de la Salud (OMS) (2015). *Manual para manipuladores de alimentos: Instructor*. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/9aa1f5c0-2dcd-43b5-8797-55a509180a8d>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2017). *La UNESCO avanza la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de UNESCO: https://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/247785sp_1_1_1.compressed.pdf
- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (s.f.). *Seguridad y salud en el trabajo*. Obtenido de sitio web de la OIT: <https://www.ilo.org/global/standards/subjects-covered-by-international-labour-standards/occupational-safety-and-health/lang--es/index.htm>
- Ovidio, G. (2001). Carga fabril: Distribución vs. Asignación. *Actualidad Contable Faces*, 4(4), 73-93. <https://www.redalyc.org/pdf/257/25700407.pdf>.
- Partida Rocha, R. E. (2004). Las fases de desarrollo de la industria maquiladora electrónica en Jalisco. *El Cotidiano*, 20(126), 1-13. <https://www.redalyc.org/pdf/325/32512610.pdf>.
- Perea Rivera, J. L. (2008). Planeamiento estratégico en la dinámica humana y organizacional como producto de los procesos cognoscitivos. *Revista de Investigación en Psicología*, 11(1), 199-216. <https://doi.org/10.15381/rinvp.v11i1.3891>.
- Pinheiro de Lima, O., Breval Santiago, S., Rodríguez Taboada, C. M., & Follmann, N. (2017). Una nueva definición de la logística interna y forma de evaluar la misma. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(2), 264-276. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000200264>.
- Plazas, H. (2017). *Diseño de Procesos*. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/1492>.
- Poma Vargas, S. I., & Cruz Mosquera, V. M. (2022). *Diseño de una nueva planta de producción de productos de pastelería y repostería*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/57317>.
- Porter, M. (2001). *Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Compañía Editorial Continental.

- Porter, M. (2005). *Estrategia y ventaja competitiva*. España: Editorial Deusto.
- Quinteros Flores, C., & Migone Rettig, D. (2020). *¿Cómo aprende la Gen Z y qué esperan de la educación?* Obtenido de sitio web Observatorio Tec. ITESM: <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/generacion-z-expectativas-educacion>
- Radetich Filinich, N. (2016). El capitalismo y el rechazo de los límites: el caso ejemplar del taylorismo y el fordismo. *Acta Sociológica*, 69, 17-50. <https://doi.org/10.1016/j.acso.2016.02.002>.
- Real Academia Española (RAE) (2022). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/>
- Rojas Medina, R. A. (2007). *Sistema de costos. Un proceso para su implementación*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Rummler, G., Ramias, A., & Rummler, R. (2006). *Potencial Pitfalls on the Road to a Process Managed Organization (PMO)*. BPTrends.
- Sánchez Suárez, Y., Pérez Castañeira, J. A., Sangroni Laguardia, N., Cruz Blanco, C., & Medina Nogueir, Y. E. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 42(1), 1-12. <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/1079>.
- Sanchis Gisbert, R. (2020). *Diagramación de procesos*. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/144115>.
- Sarache Castro, W. A., Castrillón Gómez, Ó. D., & Ortiz Franco, L. F. (2009). Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte. *Cuadernos de Administración*, 22(38), 145-167. <https://www.redalyc.org/pdf/205/20511730008.pdf>.
- Secretaría de Salud (1 de marzo de 2010). *NOM-251-SSA1-2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios*. Obtenido de *Diario Oficial de la Federación*: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5133449&fecha=01/03/2010#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud Laboral de CCOO de Madrid (2016). *Métodos de evaluación ergonómica*. Comisiones Obreras (CCOO) de Madrid. <https://madrid.ccoo.es/54c00d40d3dea466094a35e-6b6a867d9000045.pdf>.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) (1 de febrero de 2018). *Las enfermedades de trabajo y los trastornos músculo-esqueléticos por ejercicio o motivo del trabajo, en México*. Obtenido de Gobierno de México: https://trabajoseguro.stps.gob.mx/bol079/vinculos/notas_6.html
- Silva-Iberico, J. A. (30 de octubre de 2013). Distribución de planta en un taller de panadería. *Revista Panera*, 30-33. https://issuu.com/josealfredosilvaiberico/docs/rev12_30-33_fermentando_ideas3.
- Simon, H. A. (1947). *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. The Free Press.
- Sullivan, W. G., Wicks, E. M., & Luxhoj, J. T. (2004). *Ingeniería económica de DeGarmo* (10ª Ed.). México: Pearson Educación.
- Taylor, F. W. (1912). Scientific Management. Publicado por el. *Primera Conferencia sobre Administración Científica* (pp. 22-55). https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63657828/AE_Taylor_2_Unidad_220200617-73697-phonyl-libre.pdf?1592408241=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLos_principios_de_la_administracion_cien.pdf&Expires=1680114193&Signature=CtpUmr-QaXq4v. Hanover: The Amos Tuck School, Dartmouth College.
- Vargas Crisóstomo, E. L., & Camero Jiménez, J. W. (2021). Aplicación del *Lean Manufacturing* (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesi-

- vos acusados de una empresa manufacturera. *Industrial Data*, 24(2), 249-260. <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485>.
- Vargas-Hernández, J. G., Muratalla-Bautista, G., & Jiménez-Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, v(17), 153-174. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215049679011.pdf>.
- Velásquez Contreras, A. (2007). La organización, el sistema y su dinámica: una versión desde Niklas Luhman. *Revista Escuela de Administración de Negocios* (61), 129-155. <https://www.redalyc.org/pdf/206/20611495014.pdf>.
- Wallon, H. (1947). Taylorisme, rationalisation, sélection, orientation. *Technique, Art, Science*, 6(1), 5-7. <https://doi.org/10.4000/laboreal.9221>.
- Weber, M. (1993). *Economía y sociedad*. Fondo de Cultura Económica de España.
- Wilson, B. (1993). *Sistemas: Conceptos, metodología y aplicaciones*. Grupo Noriega Editores.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. Nueva York: MIT.
- Wren, D. A. (1995). Henri Fayol: learning from experience. *Journal of Management History (Archive)*, 1(3), 5-12. <https://doi.org/10.1108/13552529510095116>.



ACERCA DE LOS AUTORES

Blanca Carballo Mendívil

Ingeniera industrial con maestría en Ingeniería en Logística y Calidad y doctorado en Planeación Estratégica para la Mejora del Desempeño. Es profesora auxiliar en el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) donde investiga en temas asociados con la gestión organizacional y la ciencia de datos. Es miembro de Núcleos Académicos de dos maestrías reconocidas por el CONAHCYT por su calidad académica, colabora con un cuerpo académico consolidado y ha sido reconocida como investigadora nacional Nivel I a partir de 2023.

Alejandro Arellano González

Ingeniero Industrial Mecánico con maestría en Ingeniería en Optimización de Sistemas Productivos y doctorado en Planeación Estratégica para la Mejora del Desempeño. Es profesor-investigador en el ITSON con perfil PRODEP desde 1990, y actualmente participa como staff en proyectos de la Dirección de Planeación Institucional. Es líder del bloque de cursos de gestión organizacional, líder del cuerpo académico “Cadenas Productivas”, y miembro del Núcleo Académico Básico de la Maestría en Gestión Organizacional y de la Maestría en Ingeniería en Logística y Calidad, ambas reconocidas por el CONAHCYT por su calidad académica. Es autor del libro *Análisis y diseño de procesos*, utilizado en los cursos que imparte; tiene publicados más de 30 artículos de revistas indexadas y varios capítulos de libros.

María del Pilar Lizardi Duarte

Ingeniera Industrial y de Sistemas con maestría en Ingeniería en Optimización de Sistemas Productivos. Es profesora-investigadora en el ITSON con perfil PRODEP, y actualmente responsable del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Es miembro del cuerpo académico “Cadenas Productivas”, y del Núcleo Académico Básico de la Maestría en Ingeniería en Logística y Calidad.

“Introducción a la Ingeniería Industrial” es un curso básico en todo centro universitario que oferta este programa educativo, ya que tiene como propósito brindar al estudiante recién ingresado en la universidad, una visión global de las características de la carrera y el perfil profesional, así como las áreas de desempeño en las cuales se puede especializar.

En este libro, *Ingeniería industrial y de sistemas. Una breve introducción*, se incluyen contenidos que sintetizan las diferentes áreas de desempeño que tiene un profesional que estudia Ingeniería Industrial y de Sistemas, asimismo, promueve que el estudiante profundice con información complementaria en los textos adicionales que se sugieren.

La intención de este escrito no es profundizar en detalle en cada una de las áreas de desempeño, ya que estas serán abordadas a lo largo de la carrera, en cambio, se desea presentar al estudiante desde el principio de su carrera, una experiencia de ingeniería industrial y de sistemas al repasar las temáticas principales, y así pueda vislumbrar su futuro profesional.

ISBN FONTAMARA
978-607-736-849-6



9 786077 368496