



# Fundamentos de ingeniería industrial

Constanza Montoya Restrepo



Facultad de  
Ingeniería y  
Arquitectura

Vicedecanatura  
de Investigación y  
Extensión - VIE

MANIZALES  
2023



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



# **Fundamentos de ingeniería industrial**

**Constanza Montoya Restrepo**



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

Bogotá, D. C., 2023

- ③ Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales  
Vicedecanatura de Investigación y Extensión  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
③ Vicerrectoría de Investigación  
Editorial Universidad Nacional de Colombia  
② Constanza Montoya Restrepo

[Editorial Universidad Nacional de Colombia](#)

Alberto Amaya

Director

[Comité Editorial](#)

Alberto Amaya

Patricia Noguera

Fabio Pavas

Veronique Bellanger

Fredy Chaparro

Jairo Peña

Pedro Benjumea

[Primera edición, 2023](#)

[ISBN \(digital\): 978-958-505-343-4](#)

[Edición](#)

Editorial Universidad Nacional de Colombia

[direitorial@unal.edu.co](mailto:direitorial@unal.edu.co)

[www.editorial.unal.edu.co](http://www.editorial.unal.edu.co)

Equipo editorial

Coordinación editorial: José Rengifo Delgado

Corrección de estilo: Johan Sánchez

Fotografía de cubierta: Víctor Manuel Aristizábal Jones

Pauta gráfica: Juan Carlos Villamil

Diagramación: Ricardo González Angulo

Salvo cuando se especifica lo contrario, las figuras y tablas del presente volumen son propiedad de la autora.

[Hecho en Bogotá, D. C., Colombia, 2023.](#)



Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional  
(CCBY-NC-ND 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

---

#### [Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia](#)

Montoya Restrepo, Constanza, 1953-

Fundamentos de ingeniería industrial / Constanza Montoya Restrepo. -- Primera edición. -- Bogotá : Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación. Editorial Universidad Nacional de Colombia ; Manizales : Universidad Nacional de Colombia. Vicedecanatura de Investigación y Extensión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2023

1 CD- ROM (360 páginas) ilustraciones a color, diagramas

Incluye referencias bibliográficas e índice temático

ISBN 978-958-505-343-4 (e-book)

1. Ingeniería industrial 2. Ingeniería industrial -- Historia 3. Ingeniería industrial -- Colombia 4. Administración de empresas -- Organización 5. Industria -- Innovaciones tecnológicas 6. Gestión de empresas 7. Administración de proyectos industriales I. Título

CDD-23 670 / 2023

# Índice

Listado de figuras.....	9
Listado de tablas .....	13
Introducción.....	15
<b>Parte 1. Introducción a la ingeniería industrial .....</b>	<b>17</b>
Capítulo 1. Concepto y evolución histórica de la ingeniería .....	19
Etimología de la palabra ingeniería.....	20
Evolución del concepto de ingeniería .....	20
Aproximación histórica a la ingeniería .....	23
La ingeniería en Colombia .....	33
Capítulo 2. Evolución histórica de la ingeniería industrial.....	37
Introducción.....	38
Antecedentes .....	39
Resumen cronológico del surgimiento de la ingeniería industrial .....	40
Teorías que han contribuido al desarrollo de la ingeniería industrial .....	43
1. Escuela Clásica de la Administración	43
2. Escuela burocrática	58
3. Escuela conductista o de las relaciones humanas	61
4. Enfoques contemporáneos de la administración	64
5. Escuela de enfoque sistémico	68
Capítulo 3. Elementos conceptuales básicos .....	73
Introducción.....	74
¿Qué se entiende por conocimiento? .....	75
Ciencia, tecnología y técnica .....	76
Conocimiento tecnológico vs. conocimiento científico.....	82
Capítulo 4. La ingeniería industrial en la práctica .....	87
Concepto de ingeniería industrial.....	88
Objeto de estudio .....	89
Campos de acción, competencias y conocimientos de un ingeniero industrial .....	90
Capítulo 5. Conceptos básicos de organización, empresa e industria .....	103
Organización .....	104
Tipos de organización	104

Empresa .....	107
Industria .....	107
Aspectos generales referidos a la empresa .....	108
Clasificación empresarial .....	111
1. Por su tamaño	112
2. Por el sector de actividad económica en el que opera	115
3. Por su ámbito de actuación	120
4. Por el origen de su capital	120
5. Por su naturaleza jurídica	121
<b>Parte 2. La empresa como objeto de trabajo de la ingeniería industrial.....</b>	<b>129</b>
Perspectivas para el estudio.....	130
Capítulo 6. Enfoque clásico: la empresa como organización jerárquica .....	133
Introducción.....	134
Principales funciones administrativas .....	134
Conceptos y elementos de la estructura organizacional .....	136
Tipos de estructura	140
Modelos de organización .....	143
Organización lineal	143
Organización funcional	145
Organización mixta, línea-staff o consultiva	146
Organización matricial	149
Modelos de organización contemporáneos	150
Departamentalización .....	153
Representación de la empresa por medio de organigramas.....	160
Tipos de organigrama	160
Capítulo 7. La empresa como sistema .....	165
Introducción.....	166
Conceptos básicos de la teoría general de sistemas (TGS).....	166
Concepto de sistema	167
El sistema empresarial .....	173
Subsistemas de la empresa .....	178
Capítulo 8. La empresa como un sistema de valor.....	183
Introducción.....	184
Concepto de cadena de valor .....	185
Enfoque de la empresa como cadena de valor .....	185

Sistema de valor .....	192
<b>Parte 3. Principales tecnologías aplicadas en la empresa .....</b>	<b>195</b>
Capítulo 9. Clasificación de las principales tecnologías aplicadas a la empresa.....	197
Denominación y clasificación .....	198
1. Por el objeto de aplicación del conocimiento	198
2. Por la naturaleza del conocimiento aplicado	199
3. Por la posibilidad de acceder al conocimiento	204
4. Por el grado de modernidad	205
5. Por el impacto ambiental	207
6. Por la jerarquía dentro del proceso	207
El paquete tecnológico y sus componentes .....	208
Capítulo 10. Tecnología de producto .....	211
Introducción.....	212
Concepto de producto .....	212
Elementos constitutivos del producto.....	213
Niveles de producto.....	215
Clasificación de los bienes .....	216
Jerarquía de productos .....	221
Portafolio de productos .....	222
Decisiones en cuanto al producto desde el punto de vista de <i>marketing</i> .....	223
La marca	225
Ciclo de vida del producto .....	230
Capítulo 11. Tecnología de mercados .....	235
Introducción .....	236
Conceptos básicos sobre el mercado y <i>marketing</i> .....	236
Tipos de mercado y su clasificación .....	241
Estudio del mercado .....	242
Análisis del mercado .....	246
Segmentación del mercado .....	255
Estructura organizacional de la empresa para el soporte de la función comercial .....	258
Estrategias de <i>marketing</i> .....	260
Los instrumentos del <i>marketing</i> : <i>marketing mix</i> .....	261
Capítulo 12. Tecnología de proceso .....	265

Concepto de proceso .....	266
Proceso de producción .....	266
Tipos de procesos .....	268
Configuraciones productivas .....	271
Diagramas de proceso .....	274
Capítulo 13. Aspectos técnicos para la puesta en marcha de la empresa .....	287
Introducción.....	288
A qué debe responder el estudio técnico.....	288
Determinación del tamaño del proyecto .....	289
Localización de la planta .....	293
Ingeniería del proyecto.....	297
<b>Parte 4. Los problemas en ingeniería.....</b>	<b>301</b>
Capítulo 14. Formulación y solución de problemas en ingeniería.....	305
¿Qué es un problema? .....	305
Tipos de problemas .....	306
Características de los problemas de ingeniería .....	311
Método de diseño para la solución de problemas en ingeniería .....	314
Capítulo 15. Herramientas para la formulación de problemas .....	319
Introducción.....	320
El diagrama de causa-efecto de Ishikawa.....	320
Diagrama de Pareto .....	323
Método ZOPP .....	328
Árbol de problemas .....	330
Árbol de objetivos .....	334
Identificación de alternativas .....	335
Matriz de marco lógico .....	338
Bibliografía .....	347
Índice temático .....	353
Sobre la autora .....	357

## Listado de figuras

<b>Figura 1.</b>	Resumen cronológico del surgimiento de la ingeniería industrial .....	40
<b>Figura 2.</b>	Principales exponentes de la escuela de la administración científica...	48
<b>Figura 3.</b>	Funciones básicas de la administración .....	55
<b>Figura 4.</b>	Funciones básicas de la empresa .....	55
<b>Figura 5.</b>	Concepto de competencia .....	94
<b>Figura 6.</b>	Clasificación de las organizaciones .....	105
<b>Figura 7.</b>	Formas de clasificar la empresa .....	112
<b>Figura 8.</b>	Tipos de sociedades en Colombia .....	122
<b>Figura 9.</b>	Despliegue de las funciones del proceso administrativo.....	135
<b>Figura 10.</b>	Principales niveles jerárquicos.....	139
<b>Figura 11.</b>	Estructura de tramo estrecho.....	140
<b>Figura 12.</b>	Estructura de tramo amplio .....	141
<b>Figura 13.</b>	Forma de una estructura lineal.....	144
<b>Figura 14.</b>	Forma de una estructura funcional.....	145
<b>Figura 15.</b>	Forma de una estructura mixta .....	147
<b>Figura 16.</b>	Forma de estructura mixta con comités.....	148
<b>Figura 17.</b>	Forma de una estructura matricial.....	150
<b>Figura 18.</b>	Departamentalización por funciones básicas .....	154
<b>Figura 19.</b>	Tipos de departamentalización por producto .....	155
<b>Figura 20.</b>	Tipo de departamentalización por cliente.....	156
<b>Figura 21.</b>	Departamentalización geográfica.....	157
<b>Figura 22.</b>	Estructura orgánica departamentalizada por funciones y productos	158
<b>Figura 23.</b>	Estructura orgánica combinada por funciones y áreas geográficas...	159
<b>Figura 24.</b>	Forma de un organigrama vertical.....	161
<b>Figura 25.</b>	Organigrama orientado al cliente.....	162
<b>Figura 26.</b>	Forma de un organigrama horizontal.....	162
<b>Figura 27.</b>	Organigramas mixtos o combinados .....	163
<b>Figura 28.</b>	Una de las formas de organigrama circular .....	163
<b>Figura 29.</b>	Elementos de un sistema .....	170
<b>Figura 30.</b>	La empresa como sistema abierto, con base en el modelo de Kast y Rosenzweig .....	175
<b>Figura 31.</b>	Diferentes subsistemas de la empresa y su interacción .....	179
<b>Figura 32.</b>	Cadena de valor genérica .....	186

<b>Figura 33.</b>	Actividades primarias de la cadena de valor.....	188
<b>Figura 34.</b>	Actividades de soporte o apoyo.....	189
<b>Figura 35.</b>	Seis formas de clasificar las tecnologías.....	198
<b>Figura 36.</b>	Atributos de un producto.....	214
<b>Figura 37.</b>	Niveles de producto.....	216
<b>Figura 38.</b>	Categorías para la clasificación de los bienes.....	217
<b>Figura 39.</b>	Escala de jerarquía de productos.....	222
<b>Figura 40.</b>	Amplitud y profundidad en el portafolio de productos .....	223
<b>Figura 41.</b>	Principales decisiones que se deben tomar sobre un producto.....	224
<b>Figura 42.</b>	Enfoque de la marca.....	226
<b>Figura 43.</b>	Ejemplos de empaque y etiqueta .....	228
<b>Figura 44.</b>	Fases del ciclo de vida de un producto .....	231
<b>Figura 45.</b>	Canales de distribución medio y largo .....	240
<b>Figura 46.</b>	Categorías para la clasificación de mercados.....	242
<b>Figura 47.</b>	Del mercado total al mercado meta .....	243
<b>Figura 48.</b>	Cálculos para un mercado de bienes de consumo .....	248
<b>Figura 49.</b>	Cálculo a través de los porcentajes de gasto de las familias.....	249
<b>Figura 50.</b>	Ejemplo de cálculo del tamaño del mercado .....	254
<b>Figura 51.</b>	Criterios para segmentar un mercado .....	257
<b>Figura 52.</b>	Planeación estratégica de <i>marketing</i> .....	261
<b>Figura 53.</b>	Decisiones en el <i>marketing mix</i> .....	263
<b>Figura 54.</b>	Elementos de un proceso productivo .....	267
<b>Figura 55.</b>	Clasificación de los procesos de fabricación.....	268
<b>Figura 56.</b>	Clasificación de los procesos industriales .....	270
<b>Figura 57.</b>	Configuración del proceso productivo .....	271
<b>Figura 58.</b>	Configuración <i>Job Shop</i> .....	273
<b>Figura 59.</b>	Ejemplo de un ideograma: proceso de fabricación de la cerveza artesanal.....	275
<b>Figura 60.</b>	Ejemplo de un diagrama de precedencia.....	276
<b>Figura 61.</b>	Símbolos cursograma sinóptico .....	276
<b>Figura 62.</b>	Ejemplo de aplicación de cursograma sinóptico para un proceso en una sola línea .....	277
<b>Figura 63.</b>	Cursograma sinóptico con operaciones en paralelo y subensamble .	277
<b>Figura 64.</b>	Cursograma sinóptico con información sobre elaboración de una mesa .....	278

<b>Figura 65.</b>	Ejemplo de cursograma analítico .....	280
<b>Figura 66.</b>	Diagrama de recorrido con base en la fabricación de mermelada de frutas .....	282
<b>Figura 67.</b>	Diagrama de flujo horizontal de proceso por áreas de operación ....	284
<b>Figura 68.</b>	Diagrama de flujo vertical por áreas de gestión. Ejemplo: procedimiento para el pago de un cheque en un banco ....	285
<b>Figura 69.</b>	Preguntas que se deben responder sobre los aspectos técnicos de la empresa.....	289
<b>Figura 70.</b>	Factores determinantes del tamaño del proyecto.....	291
<b>Figura 71.</b>	Factores a considerar en la micro y macro localización de una planta.....	294
<b>Figura 72.</b>	Clasificación de problemas por el grado de conocimiento de la causa y la solución .....	309
<b>Figura 73.</b>	Método sistemático para la formulación de un problema de ingeniería .....	312
<b>Figura 74.</b>	Diagrama de espina de pescado.....	321
<b>Figura 75.</b>	Ejemplo de espina de pescado con las seis «m» en una industria manufacturera .....	322
<b>Figura 76.</b>	Ejemplo de aplicación diagrama de Pareto: tabla de frecuencia de fallas.....	328
<b>Figura 77.</b>	Procesos de la metodología ZOPP .....	329
<b>Figura 78.</b>	Esquema de un árbol de problemas .....	331
<b>Figura 79.</b>	Esquema árbol de objetivos.....	335
<b>Figura 80.</b>	Ejemplo de árbol de problemas para un problema de calidad en una industria manufacturera .....	337
<b>Figura 81.</b>	Ejemplo de árbol de objetivos para un problema de calidad en una industria manufacturera .....	338
<b>Figura 82.</b>	Fases de un proyecto .....	339
<b>Figura 83.</b>	Principales preguntas que resumen la MML .....	340
<b>Figura 84.</b>	Ejemplo del árbol de objetivos de la matriz de marco lógico .....	344



## Listado de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Síntesis relaciones entre ciencia, tecnología y técnica .....	81
<b>Tabla 2.</b>	Características principales de las empresas según su tamaño.....	114
<b>Tabla 3.</b>	Clasificación internacional industrial uniforme.....	118
<b>Tabla 4.</b>	Resumen de datos y cálculos efectuados para la apertura de un gimnasio en Manizales .....	251
<b>Tabla 5.</b>	Simbología de procesos del cursograma analítico .....	279
<b>Tabla 6.</b>	Simbología utilizada para un diagrama de flujo .....	283
<b>Tabla 7.</b>	Ejemplo de matriz para la localización de la empresa.....	296
<b>Tabla 8.</b>	Factores determinantes para la elaboración de espinas de pescado según sector .....	322
<b>Tabla 9.</b>	Información sobre inconformidades recibidas .....	326
<b>Tabla 10.</b>	Frecuencias absolutas y relativas en forma ordenada.....	327
<b>Tabla 11.</b>	Ejemplos de errores en la formulación del problema central.....	333
<b>Tabla 12.</b>	Estructura de la matriz de marco lógico .....	342
<b>Tabla 13.</b>	Jerarquía de objetivos.....	343
<b>Tabla 14.</b>	Lógica horizontal en la matriz MML.....	344
<b>Tabla 15.</b>	Ejemplo de aplicación de la matriz de marco lógico .....	345





## Introducción

La ingeniería industrial es una de las profesiones más versátiles, debido a la amplitud en sus campos de acción y a la profundidad de conocimientos que produce sobre la empresa y sus dinámicas. En consecuencia, sus fundamentos deben permitirle al futuro profesional explorar los conceptos teóricos generales para entender, como un todo armónico, el funcionamiento y las relaciones que las empresas tienen con su entorno. Es así como este texto busca proporcionar a los estudiantes conocimientos y herramientas metodológicas que contribuyan a formar su estructura de pensamiento, desarrollar sus capacidades de análisis y síntesis e inducir mejoras en su desempeño en la disciplina y el mundo empresarial. Este texto surge de la experiencia que durante casi treinta años ha tenido el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, específicamente en la asignatura de Fundamentos de Ingeniería Industrial. En la clase se ha tratado con fidelidad la definición de empresa, por medio del abordaje de su conocimiento y gestión, como foco central y objeto de trabajo de la profesión.

Como introducción, se presenta una referencia breve a la historia de la ingeniería en el mundo, acompañada de algunas de sus ramas, pero con énfasis en la ingeniería industrial. En consecuencia, se exponen de forma sintética las teorías que, a partir de la Segunda Revolución Industrial, dieron lugar al surgimiento y desarrollo de esta rama en particular. Además, se exploran diferentes definiciones que se han construido sobre la profesión a lo largo de la historia, junto a sus campos de acción y desempeño, funciones principales, competencias requeridas y otros tópicos concernientes a su ejercicio profesional.

Para abordar los objetos de estudio y trabajo de la ingeniería industrial, el texto conceptualiza a la empresa desde los enfoques estructuralista y sistémico, que enmarcan la discusión de los fundamentos de la labor profesional de esta rama de la ingeniería. Los enfoques permiten dimensionar el papel del ingeniero industrial desde uno de sus roles fundamentales: ser articulador de tecnologías. Además, se presentan las metodologías

para identificar, formular y tratar problemas, pues no puede concebirse ninguna de las ramas de la ingeniería sin estas competencias que hacen parte de su naturaleza. Por lo anterior, el texto adquiere un carácter multidisciplinar, ya que sus temáticas pueden servir como base para cursos de introducción a la ingeniería o a la administración de empresas, así como a cursos de teoría administrativa. Por la diversidad de los temas tratados y del origen del texto, es decir la experiencia de un curso relacionado, la naturaleza de este libro es el de una recopilación de conceptos, herramientas y enfoques provenientes de varias obras, autores y documentos de diversa índole, que sirven como soporte para una construcción original por su estructura y organización. Al respecto, cabe aclarar que, en el proceso de edición para reducir cualquier oportunidad de monotonía o redundancias en la lectura, se decidió suprimir en el pie de las figuras la anotación «elaboración propia». Solo se informará la fuente en los casos en los que hayan sido realizadas o adaptadas con base a otros autores.

El texto está constituido por quince capítulos, organizados en cuatro partes. Los primeros cinco capítulos abordan la historia de la ingeniería y la ingeniería industrial, así como conceptos básicos sobre la naturaleza del conocimiento en el cual se basa el ejercicio de esta profesión. La segunda parte está conformada por tres capítulos que presentan distintas visiones sobre la naturaleza, clasificación y dinámicas de la empresa, desde las perspectivas sistémica y estructural. En la tercera parte se presenta una clasificación de las tecnologías; la revisión y presentación de las tecnologías de producto, mercado y proceso; y la exposición de los aspectos técnicos de la empresa. La cuarta y última parte está dedicada a la explicación de algunas herramientas para la formulación, análisis y solución de problemas.

# **PARTE 1. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL**





# **Capítulo 1. Concepto y evolución histórica de la ingeniería**

## Etimología de la palabra ingeniería

La palabra ingeniería ha tenido diferentes significados a lo largo de la historia. En una corta búsqueda sobre su origen se encontró que procede del latín *ingenium*, que se refiere al carácter innato, al «talento». También, en el lenguaje militar, era utilizada para referirse a máquinas o artefactos mecánicos producto del ingenio humano. En la lengua inglesa fue empleada para referirse al diseño u operación de máquinas, por su relación con el vocablo *engine*, que significa motor o máquina. También, aparece en varios escritos la palabra *ingénieur*, de origen francés, para referirse a la ingeniería.

De acuerdo con Picón, D., citado en Rodríguez y Vélez, durante la Edad Media, cuando empezó a reconocerse el oficio de ingeniero, se utilizó el vocablo *ingenium* para denotar que el «ingeniero es aquella persona que dispone de *engin*, la inteligencia inventiva. La que se ejerce sobre la invención práctica, que se traduce en máquinas e instrumentos de guerra» (2014, p. 1). Ya en el siglo XVIII, las diferentes definiciones hacían referencia a la ingeniería como la capacidad de los ejecutantes para inventar. Por su parte, el idioma español recogió muchos años después la palabra latina *ingenium*, de la cual se derivan los sustantivos ingenio e ingeniero, y el adjetivo ingenioso.

## Evolución del concepto de ingeniería

La historia de la ingeniería ha estado ligada estrechamente al desarrollo de la humanidad en todo lo concerniente a la transformación material del mundo y a todos los grandes eventos que han permitido el progreso. Además, los estudiosos del tema coinciden en afirmar que la ingeniería se remonta a los albores de los seres humanos quienes, en su afán de cubrir sus necesidades cotidianas y solucionar las dificultades y retos permanentes para su supervivencia, utilizaron toda su capacidad e ingenio para conseguir sus alimentos y vestidos, y protegerse de las inclemencias del tiempo. Estos procesos provocaron actividades que podrían relacionarse como propias de la ingeniería de ese tiempo, tales como: el descubrimiento del fuego, la invención de herramientas, la fabricación de armas, el trazo de caminos e, incluso, la construcción de obras técnicas.

Valencia-Giraldo (2000) ubica el origen de la ingeniería en la revolución agrícola que se dio entre los años 8000 y 3000 a. C., que marcó el asentamiento del ser humano y el

surgimiento de las ciudades. A partir de ese momento, evolucionó para satisfacer los requerimientos de bienes y servicios dado el aumento de la población, lo cual exigía que los conocimientos desarrollados se ordenaran, preservaran y ejercieran sistemáticamente, dando lugar a su nacimiento como oficio y posteriormente como profesión. Después del año 3000 a. C., la actividad de la ingeniería, mezclada con la arquitectura, empezó a destacarse, pues de las modestas viviendas se pasó a grandes estructuras como palacios para príncipes, templos y otras obras monumentales como las pirámides, que exigieron técnicas y conocimientos más avanzados para su construcción.

Siguiendo a Valencia-Giraldo (2010), solo a finales del siglo VIII y principios del IX, el término *ingeniator* empezó a ser utilizado para referirse a las personas dedicadas a la construcción de obras públicas y máquinas de carácter militar. Posteriormente, en la alta Edad Media, entre los años 1150 y 1200, se utilizó por primera vez el título de *ingegniere* para expertos en proyectos de irrigación y construcciones. Fue solo durante el Renacimiento que el término *ingegniere* comenzó a ser aceptado ampliamente, y en el siglo XV empezó a definirse la profesión de ingeniero, pero sin mucha claridad ni distinción con el quehacer de un arquitecto. De hecho, tanto en Grecia como en Egipto se utilizaba la palabra *architecton* para referirse a ambas profesiones.

La concepción más moderna de la ingeniería se reconoció a partir de la Revolución Industrial, y es atribuida al científico e inventor norteamericano Benjamín Thompson, conocido como el conde Rumford, quien la definió en 1799 como «la aplicación de la ciencia a los propósitos comunes de la vida». Según Shelton Kirby (1990), citado por Valencia-Giraldo, el arquitecto británico Thomas Tredgold, quien fuera el presidente de una institución que agremiaba a los ingenieros civiles de Londres, propuso en 1828 una definición propia muy aceptada en su momento. A partir de la definición de Thompson, Tredgold señaló que la ingeniería es «el arte de dirigir los grandes recursos de energía de la naturaleza para uso y conveniencia del hombre» (2000, p. 121). A partir de la evolución de la profesión, en el mundo aparecieron múltiples definiciones y conceptos cada vez más complejos, en los cuales poco a poco se incorporaron los diferentes elementos que actualmente definen a la ingeniería.

Tras una revisión sobre el tema, sobresalen dos definiciones aceptadas ampliamente, que fueron aportadas en 1941 por el Consejo de Ingenieros para el Desarrollo Profesional (ECPD) en Estados Unidos y reformuladas años más tarde por el mismo organismo, hoy

denominado Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). Las definiciones son citadas por Andrés Mejía, quien señala que la ingeniería se define como:

La aplicación creativa de principios científicos para diseñar o desarrollar estructuras, máquinas, aparatos, procesos de manufactura, o trabajos, utilizándolos individualmente o en combinación; o para construir u operar los mismos con conocimiento pleno de su diseño; o para predecir su comportamiento bajo condiciones específicas de funcionamiento; todo esto en cuanto a su función pretendida, la economía de la operación y la seguridad para la vida y la propiedad.

[...] Ingeniería es la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias naturales y matemáticas, obtenido mediante el estudio, la experiencia y la práctica, es aplicado junto con el juicio para desarrollar formas de utilizar, de forma económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad (2009, p. 2)

Gabriel Poveda Ramos, ingeniero e historiador colombiano, la define como:

Conjunto de conocimientos teóricos, de conocimientos empíricos y de prácticas que se aplican profesionalmente para disponer de las fuerzas y de los recursos naturales, y de los objetos, los materiales y los sistemas hechos por el hombre para diseñar, construir, operar equipos, instalaciones, bienes y servicios con fines económicos, dentro de un contexto social dado, y exigiendo un nivel de capacitación científica y técnica *ad hoc* —particularmente en física, ciencias naturales y economía—, especial y notoriamente superior al del común de los ciudadanos (Poveda, 1993, p. 13)

En las diferentes definiciones consolidadas a lo largo del tiempo aparecen varios elementos centrales que precisan el concepto de ingeniería como una profesión que:

- Está constituida por un cuerpo especializado de conocimientos y prácticas, fundamentada en disciplinas como: matemáticas, física, química, biología, economía, entre otras. Además, se sustenta en el saber profesional decantado de la práctica profesional y sus tradiciones, así como en otras disciplinas y profesiones que la complementan.
- Aplica conocimientos derivados de las ciencias naturales, sociales y exactas, y de los saberes tecnológicos, del arte, la técnica y la experiencia. Para el ingeniero no

basta tener amplios conocimientos provenientes de diferentes fuentes, porque su razón de ser es la aplicación de los conocimientos en algo útil.

- Orienta su práctica a resolver problemas que satisfacen las necesidades del ser humano y su entorno, a partir de productos que resultan de la actividad de diseño, bien sea como artefactos, procesos o sistemas.
- Tiene como finalidad facilitar el bienestar del ser humano y su entorno a través de su ingenio, creaciones y mejoras constantes de lo existente.

## Aproximación histórica a la ingeniería

La historia de la ingeniería ha sido objeto de múltiples y profundos estudios, y relatada por autores de todas las épocas e idiomas. Por tanto, el presente texto solo pretende presentar una breve síntesis, basada principalmente en escritores reconocidos, que permita entender la evolución y aportes más significativos de la profesión a lo largo del tiempo. La historia de la ingeniería ha estado estrechamente asociada a los grandes eventos de la humanidad y ha jugado un papel clave en la creación de numerosas obras que reflejan el avance técnico de cada época. Así lo plantea Valencia-Giraldo (2010), quien propone una división arbitraria de la historia de la ingeniería en cuatro etapas: desde la antigüedad hasta 1750, desde 1750 hasta 1850, desde 1850 hasta 1950 y desde la II Guerra Mundial hasta la actualidad. Esta separación ha servido como referencia en el presente texto para destacar los principales hechos que marcaron el desarrollo de la ingeniería.

### Primera época

La primera época en la historia de la ingeniería comprende el periodo entre la Antigüedad y 1750. A su vez, se subdivide en cuatro periodos:

- Desde la prehistoria hasta el 3000 a. C.
- La Edad Antigua, entre el 3000 a. C. y el siglo v.
- La Edad Media, del siglo v al xv.
- El Renacimiento, que determinó el inicio de la segunda época.

## ***De la prehistoria al 3000 a. C.***

Algunos historiadores consideran que los inicios de la ingeniería primitiva se remontan alrededor del año 8000 a. C., con la revolución agrícola, cuando algunas comunidades abandonaron su vida nómada para establecerse en un lugar fijo. La consolidación de asentamientos generó las necesidades de construir viviendas congregadas en poblaciones más numerosas y muros protectores, desarrollar métodos de siembra y de cría de animales en sitios apropiados, trazar canales de irrigación y fabricar armas de protección, consideradas verdaderas innovaciones tecnológicas. En este periodo también se desarrollaron métodos para generar fuego, la fusión de materiales para la producción de armas y herramientas, la rueda y los primeros símbolos que dieron lugar a la comunicación escrita. De igual manera, la nueva forma de vida sedentaria trajo consigo la necesidad de varios objetos destinados a labores como cocina, labranza, caza y pesca, fabricados a partir de técnicas más sofisticadas. Posteriormente, apareció la cerámica en Mesopotamia, alrededor del 6500 a. C., junto a los primeros materiales modificados artificialmente mediante la alfarería. Los poblados del Neolítico crecieron y con ellos aparecieron las primeras ciudades en Oriente Medio y el Mediterráneo, así como los primeros Estados e imperios: Babilonia, Egipto, Grecia y Roma. También, se construyó la primera presa en Egipto (4000 a. C.), con el propósito de desviar el cauce del río Nilo y ampliar el terreno a la ciudad de Menfis. Además, en la antigua Mesopotamia, hacia el 3500 a. C., apareció una de las primeras ruedas.

## ***La Edad Antigua (3000 a. C. - siglo v)***

Después de la revolución agrícola el evento más importante para la humanidad fue el invento de la escritura cuneiforme (aproximadamente en el 3000 a. C.) y con esta la aparición de nuevos materiales como el papel, el papiro o el pergamino. Imhotep (2690-2610 a. C.), de origen egipcio, es reconocido por los historiadores como el primer ingeniero de la historia, pues fue quien introdujo la piedra natural en las construcciones.

Los mayores aportes de la ingeniería se dieron en el campo de las estructuras con la construcción de grandes obras, entre las que destacan los canales, acueductos y obras de riego, además de otras que se construyeron tras la aparición de las ciudades y el desarrollo de la agricultura. Tal es el caso de puentes, vías de comunicación, etc. En esa

época se registró la construcción de las pirámides de Egipto, consideradas como unas de las obras más grandiosas de todos los tiempos. Así mismo, fueron construidos los Jardines Colgantes de Babilonia, en los cuales predominó el uso de métodos empíricos, pero apoyados por la aritmética, la geometría y algunos conocimientos de la física. A partir de obras como las anteriores, surgieron las prácticas de la ingeniería civil, con sus aplicaciones hidráulicas, sanitarias, viales, etc.; y la ingeniería militar, con la construcción de obras para defender las zonas donde estaban las ciudades y los cultivos.

En el mismo periodo destacaron otras obras monumentales de gran importancia para la humanidad, desarrolladas por las culturas egipcia, mesopotámica, oriental, griega y romana, en las que resaltaron en su construcción el uso de conocimientos y técnicas propias de la arquitectura y la ingeniería. Dentro de estas destacan:

Egipto: las construcciones egipcias están entre las más grandes concebidas y construidas por la humanidad. Los egipcios comenzaron a contener las aguas del río Nilo con diques y canales, y construyeron la primera presa de la que se tiene conocimiento: *Sadd el-Kafara*, que data del año 2770 a. C. Del año 3100 a. C. sobresale el muro de la ciudad de Menfis. Además, destacan las pirámides de Egipto, construidas alrededor del año 2500 a. C. Entre las anteriores se encuentran las erigidas por los tres reyes: Keops, Kefren y Micerinos. La pirámide de Keops todavía perdura y es conocida como la Gran Pirámide de Guiza, una de las siete maravillas del mundo antiguo.

Mesopotamia: en la que es conocida como una de las cunas de la civilización, de acuerdo con los historiadores, apareció por primera vez la rueda en su forma más simple hacia el año 3500 a. C. También surgieron otras máquinas simples como el plano inclinado y la palanca, y se construyeron grandes presas, canales y edificios que, posteriormente, se erigieron como las primeras ciudades-Estado.

Roma: según Valencia-Giraldo (2000, p. 124), los romanos fueron los mejores ingenieros de la humanidad, porque, pese a haber apropiado conocimientos de los países conquistados, lograron ser superiores en la aplicación de las técnicas, principalmente en los puentes que utilizaron, en acueductos y vías de Europa y Asia. Tal es el caso de la Vía Apia, cuya construcción data del año 312 a. C. También desarrollaron valiosas contribuciones en el campo de la ingeniería militar y en obras para permitir la navegación, como puertos y bahías.

Grecia: sobresalió años después, en el 700 a. C., y cobró importancia entre el 500 y 400 a. C. La historia de la física y la ciencia en general empezó a partir de los griegos, quienes además hicieron grandes aportes en el arte, la filosofía, la literatura y la política, en lo que se conoció como la Edad de Oro de Grecia. Entre las obras más sobresalientes está el Partenón de Acrópolis, que data del año 440 a. C. La obra fue contratada por Pericles, líder de Atenas, a arquitectos que usaron hierro forjado como refuerzo en la construcción, lo que se constituyó como un aporte significativo a la ingeniería que, en adelante, siguió usando el metal como material indispensable en la estructura de las edificaciones.

En Grecia, durante esa época, aparecieron dos personajes, Aristóteles y Arquímedes, que realizaron valiosos avances científicos en campos como las matemáticas y la física, y cuyos conocimientos han sido esenciales para la ingeniería de todos los tiempos. Por ejemplo, Aristóteles (384-322 a. C.), además de sus aportes filosóficos de gran valor para la humanidad, fue reconocido por la historia como el físico más sobresaliente de ese periodo. Sus primeras obras, que abordaron los principales conceptos y categorías de la ciencia, como espacio, tiempo, materia y movimiento, fueron el cimiento de la ciencia durante cientos de años. Aristóteles fue quien dio origen a la palabra física y es considerado como el fundador de la mecánica.

Arquímedes (siglo III a. C.) fue una figura muy importante en Grecia por sus descubrimientos en física y en el campo de las matemáticas, y se le reconoce como uno de los matemáticos más notables de todos los tiempos, por sus estudios de geometría. También fue constructor de barcos y astrónomo. Algunos de sus aportes a la física, que son utilizados ampliamente en ingeniería, son: la ley de la hidrostática, el tratado sobre el equilibrio de las superficies en mecánica, la ley de la palanca y la polea compuesta. Además, el tornillo sin fin, que permite elevar el agua de nivel, es actualmente conocido como el tornillo de Arquímedes.

Por su parte, los chinos construyeron grandes diques y murallas que aún existen. En el 238 a. C., decidieron unir varios tramos de murallas construidos a lo largo de los siglos, para consolidar lo que hoy es la Gran Muralla China, cuya longitud en ese momento superaba los 5000 Km. Durante varios siglos fue extendiéndose y, después de su reconstrucción y restructuración en 1449 por parte de la dinastía Ming, llegó a una extensión de 8000 Km, lo que la convierte en una de las obras más importantes

para la humanidad. Otros de los grandes aportes de la cultura china son el papel, cuya invención se registra en el año 105, y la brújula, inventada en el 1200.

## ***La Edad Media***

Los pensadores europeos del siglo XIX dividieron la historia en períodos denominados edades, para lo que seleccionaron acontecimientos históricos relevantes que marcaran el principio y fin de cada una. En este orden de ideas, identificaron a la Edad Media como el período comprendido entre los siglos V y XV, enmarcada por hechos trascendentales como la caída del Imperio Romano (476) y el inicio del Renacimiento. A su vez, por ser un período prolongado y de múltiples aportes en el arte, la literatura, la filosofía y la técnica, la Edad Media fue dividida en dos períodos: la Antigua o Alta Edad Media, destacada por el fin del mundo romano entre los siglos V y X, y la Baja Edad Media (que significa reciente) entre los siglos XI a XV. La Alta Edad Media comprende el período entre el 600 y el 1000, y ha sido denominada como el Oscurantismo por algunos historiadores, quienes la consideraron una época de grandes retrocesos en los campos de la ciencia, el arte y la tecnología, hasta el punto que en ese período dejaron de existir como profesiones la ingeniería y la arquitectura en Europa.

Si bien el desarrollo de la ingeniería en este período fue limitado, Valencia-Giraldo señala que en Europa se construyeron «vías, puentes, canales, túneles, diques, puertos, muelles y máquinas con grandes conocimientos que todavía sorprenden a la humanidad» (2000, p. 125). Además, a finales del siglo VIII y principios del IX se usó por primera vez la palabra ingeniero, derivada del término *ingeniator*, cuando se empezó a dar valor a la práctica, integrándola al saber teórico y aplicándola fundamentalmente en las grandes construcciones públicas y al desarrollo de máquinas para la actividad militar. En la Baja Edad Media (siglos XI y XII) hubo un auge en las construcciones públicas y privadas, con avances importantes en la ingeniería, que incluyeron el perfeccionamiento del arco de medio punto y la introducción del arco de ojiva. Técnicas como las anteriores permitieron la construcción de grandes obras como catedrales góticas en Europa, mezquitas islámicas, majestuosos castillos y la ciudad amurallada en España.

De otra parte y como argumento para desestimar «el oscurantismo» de la Edad Media, a finales de la Edad Media y principios del Renacimiento se produjeron inventos con

gran impacto en el desarrollo de la humanidad. Tal es el caso de la imprenta, desarrollada y perfeccionada por Gutenberg en 1450, y que junto al papel permitió la difusión del conocimiento en forma escrita. Otro invento a destacar de la época fue el reloj mecánico de contrapeso en 1300, que permitió unificar la medición del tiempo.

### ***El Renacimiento (1500 – 1750)***

El Renacimiento corresponde al periodo de transición entre la Edad Media y la Edad Moderna, (siglos xv y xvi). Fue denominado así por historiadores europeos para hacer alusión al contraste con el «oscurantismo», pues hubo nuevas formas de ver el mundo y nuevos enfoques en el arte, la política, la literatura, la filosofía y las ciencias. En este periodo se produjeron desarrollos técnicos y científicos significativos; en las artes surgieron personajes tan importantes como Miguel Ángel, Leonardo da Vinci y Rafael; la arquitectura se consolidó como profesión, diferenciándose de los maestros de obra del medioevo; y se dieron innovaciones relevantes, tanto en los materiales utilizados como en las técnicas de construcción. Por su parte, la ingeniería empezó a ser aceptada como profesión independiente de la arquitectura, y hacia 1540 apareció la denominación de *ingegniere* para aquellas personas que realizaban construcciones. Sin embargo, hasta el siglo xv fue común el uso indistinto de los términos *architecto* e *ingegniere*, lo que demuestra que aún no era clara la distinción entre ambas profesiones.

## **Segunda época**

### ***Revolución Industrial (1750-1850)***

La Revolución Industrial surgió en Reino Unido en el último cuarto del siglo xix y, posteriormente, se expandió a países como Estados Unidos y Japón. La revolución fue impulsada fundamentalmente por el desarrollo y uso de nuevas máquinas orientadas a la industria, y por los logros alcanzados en materia de transporte y comunicaciones. Gracias a estos adelantos, la sociedad pasó de una economía agrícola y comercial a una economía industrializada.

Se destacan dos etapas en la Revolución Industrial. La primera etapa fue reconocida por los avances significativos en la agricultura y otros componentes de la sociedad, gracias a factores como: nuevas técnicas de cultivo e irrigación, transformaciones demográficas con crecimientos altos de la población, adelantos destacados en el transporte con el ferrocarril y la navegación a vapor que dio un gran impulso al comercio, y, quizás el más importante, la aparición de la máquina de vapor, desarrollada por James Watt, que marcó el cambio de época y los inicios de la industrialización propiamente dicha. La segunda etapa, conocida como la Segunda Revolución Industrial, surgió a partir de 1850 con la consolidación de la industria y el desarrollo del maquinismo.

La primera Revolución Industrial fue antecedida por diversos descubrimientos científicos y tecnológicos, entre los cuales se cuentan los aportes realizados por Galileo, Newton, Thompson, entre otros, que posibilitaron la creación de la primera bomba de aire en 1698 por Thomas Savery (1650-1715). La bomba de aire sentó las bases del motor de vapor, a partir del cual Thomas Newcomen desarrolló en 1705 la primera máquina de vapor funcional, aunque con problemas por su lentitud y eficiencia. Solo setenta años después, en 1774, apareció la máquina de vapor, rediseñada y perfeccionada por James Watt (1736-1819).

Antes de la máquina de vapor los procesos en las fábricas eran esencialmente artesanales, porque dependían de la habilidad manual de los trabajadores, quienes utilizaban herramientas e instrumentos básicos para la fabricación de diversos tipos de bienes. Sin embargo, alrededor de 1769 se empezaron a mecanizar procesos en algunas fábricas, con máquinas como la hiladora mecánica de rodillos inventada por Richard Arkwright (1732-1792). Arkwright también puso en marcha la producción en serie, perfeccionada más adelante por Henry Ford, que se constituyó como un aporte pionero de lo que más tarde se conocería como la ingeniería industrial.

Paulatinamente, la incorporación de la máquina de vapor en los procesos de producción hizo que los talleres artesanales fueran reemplazados por las denominadas factorías (fábricas), en las que se concentró gran cantidad de obreros y máquinas. Gracias a las grandes innovaciones tecnológicas, principalmente en las industrias textil y siderúrgica, las máquinas permitieron la producción masiva y en serie para responder a la gran demanda de la época, lo que finalmente convergería en el nacimiento del maquinismo.

Crouzet (1969) señaló que algunas de las transformaciones más relevantes de la Revolución Industrial fueron:

- La aplicación de la ciencia y tecnología, que permitió el invento de máquinas que mejoraban los procesos productivos.
- La despersonalización de las relaciones de trabajo, donde se pasó del taller familiar a la fábrica.
- El uso de nuevas fuentes energéticas como el carbón y el vapor.
- La revolución en el transporte con ferrocarriles y barcos de vapor.
- El surgimiento del proletariado urbano.

Por su parte, las actividades realizadas desde la ingeniería generaron gran impacto en el desarrollo tecnológico de la humanidad, lo cual creó la importancia de formar personas en esta área del conocimiento en escuelas e institutos. El primer paso fue dado por Napoleón en 1795, quien autorizó la creación de la Escuela Politécnica de París, considerada como la primera escuela de ingeniería en el mundo, y que fue seguida como modelo de formación en otros países. A partir de ese momento se oficializó la exigencia de una formación científica y técnica para la práctica de esta disciplina. Después, se crearon las escuelas técnicas superiores de Praga (1806) y Viena (1815), y en 1824 se fundó la primera escuela de ingeniería en Estados Unidos: *The Rensselaer Polytechnic Institute*. En ese periodo la ingeniería civil y militar eran consideradas como una sola profesión, y solo en el siglo XVIII se empezaron a diferenciar los trabajos de ingeniería orientados a todo tipo de construcciones y obras físicas, distinguiéndolos de los trabajos con fines militares, a partir de lo que se denominó como ingeniería civil o de caminos.

## Tercera época

### ***Segunda mitad del siglo XIX y primera mitad del siglo XX (1850-1950)***

#### ***Segunda Revolución Industrial***

A mediados del siglo XIX y a principios del siglo XX (1850-1914), surgió la que fue denominada por los historiadores como la Segunda Revolución Industrial. Esta segunda etapa de los avances industriales estuvo determinada por adelantos como: transformaciones de carácter técnico y tecnológico; nuevas fuentes de energía como la electricidad y el gas; uso de materiales como acero, petróleo, aluminio, zinc, entre otros; nuevos sistemas de transporte como el automóvil y el avión; así como nuevas máquinas para la industria.

Varios autores de la época hicieron referencia a los avances técnicos y transformaciones sociales, económicas y políticas que ocurrieron después de la primera revolución industrial, y que provocaron la segunda. Dentro de estos se destacan:

- El uso de la electricidad y el petróleo como fuentes de energía que fortalecieron la dinámica industrial, especialmente en la industria química.
- La consolidación del sistema económico capitalista.
- La introducción de nuevas formas de organización empresarial. Por ejemplo, el taylorismo.
- La expansión del comercio internacional.
- La introducción de inventos importantes como: la máquina de escribir, la cámara fotográfica, la dinamita, el teléfono eléctrico, la bombilla eléctrica, el automóvil, la radio, entre otros. Estos inventos han sido esenciales para la humanidad y se convirtieron en las bases para gran parte de los desarrollos tecnológicos posteriores.

Por su parte, el uso de nuevos materiales y fuentes de energía, y el desarrollo de maquinaria, crearon la necesidad de la especialización en diferentes actividades realizadas por

la ingeniería, con lo cual surgieron diferentes ramas de esta profesión que hasta 1880 solo reconocía a las ingenierías civil y militar. A partir de 1884, se crearon las asociaciones de ingenieros mecánicos, electricistas y químicos, y en 1948 se fundó el *American Institute of Industrial Engineers*. Otras ramas de la ingeniería, con sus respectivos hitos, son:

Ingeniería mecánica. A partir de la puesta en funcionamiento de la máquina de vapor, se desarrollaron nuevas máquinas e instrumentos dedicados a la industria y a la navegación, además de la fabricación de instrumentos de medición que exigían conocimientos más especializados, dando lugar al reconocimiento de la ingeniería mecánica como profesión.

Ingeniería eléctrica. Los descubrimientos de Michael Faraday (1791-1878) provocaron la emergencia de la industria a la industria de generación eléctrica actual, e influyeron en la aparición de los primeros motores eléctricos desarrollados por Joseph Henry (1797-1878), así como en el alumbrado eléctrico de Thomas Edison en 1879. Lo anterior, dio origen a la profesionalización de la ingeniería eléctrica, que era considerada parte de la ingeniería mecánica.

Ingeniería química. Al igual que la ingeniería eléctrica, inicialmente era considerada como parte de las prácticas de la ingeniería mecánica. Solo hasta finales del siglo XIX (1880), se le reconoció como un conocimiento diferenciado y en 1887 se estableció como profesión por primera vez en la Universidad de Manchester, en el Reino Unido.

Ingeniería industrial. La dinamización de otros sectores de la producción (químico, siderúrgico, transporte y comunicaciones), el avance de la industrialización, la producción masiva, el desarrollo de diversas maquinarias, los cambios acaecidos en la denominada Segunda Revolución Industrial y el gran crecimiento industrial, provocaron nuevas formas de organización empresarial. Las nuevas prácticas dieron lugar al nacimiento de corrientes que propendieron por mejorar los procesos y la productividad, gracias a lo cual surgió una nueva rama que con el tiempo se denominó como ingeniería industrial.

Los aportes de Richard Arkwright con la implementación de la producción en serie, y la publicación de *Economía de maquinaria y Manufactura* por Charles Babbage en 1832, donde abordó la productividad, y Frederick W. Taylor en 1911, con su obra *Principios de la administración científica*, sentaron las bases de la ingeniería industrial. Sin

embargo, solo en 1908, el Instituto Estadounidense de Ingenieros Industriales decidió impartir oficialmente la carrera en la Universidad Estatal de Pennsylvania, seguida por otras universidades en Estados Unidos.

## Cuarta época

### *Desde 1950 hasta nuestros días*

Los numerosos desarrollos científicos y tecnológicos que se dieron después de la Segunda Guerra Mundial, a mediados del siglo xx, hasta la actualidad, han significado saltos importantes para la ciencia y la tecnología. Los avances han sido de tal magnitud que han dado lugar a que se consideren dos nuevas revoluciones industriales: la tercera o de la microelectrónica, y la cuarta o de la cibernetica. La aparición de los computadores, cuyos principios de construcción se dieron a finales del siglo xix y que se generalizaron gracias a la invención del transistor en la segunda mitad del siglo xx, impactó a los distintos campos de la actividad humana. Además, han existido otros desarrollos significativos para la humanidad, como la energía nuclear, las telecomunicaciones, la conquista del espacio, la microelectrónica, las ciencias de la informática, la robótica, el uso de nuevos materiales, la biotecnología, el teléfono móvil, entre otros.

Los avances técnicos y tecnológicos de este periodo han provocado una avalancha de nuevos conocimientos en el campo de la ingeniería, que impulsaron otras ramas y campos de esta profesión. Tal es el caso de las ingenierías de sistemas y aeronáutica, así como de la bioingeniería. Por lo anterior, han aumentado de manera significativa el número de escuelas y universidades dedicadas a la formación de profesionales en las diversas ramas de la ingeniería.

## La ingeniería en Colombia

El ejercicio de la ingeniería en Colombia se fortaleció a finales del siglo xix como respuesta a la necesidad de incorporar las tecnologías que provenían del mundo desarrollado. Obras como la construcción de las líneas férreas del país demandaban la preparación

de profesionales con nuevos conocimientos, por lo cual se abrió paso a la creación de institutos tecnológicos y, posteriormente, a las primeras escuelas para la formación de ingenieros en sus diversas ramas. La expansión de este fenómeno educativo se ha dado de manera acelerada desde mediados del siglo xx hasta hoy.

Las actividades propias de la ingeniería en Colombia, de acuerdo con Valencia-Giraldo (2000, p. 129), datan del siglo XVI. A partir de múltiples avances técnicos de la época, las obras de construcción transformaron el espacio físico de las ciudades e implicaron procesos de búsqueda, experimentación y acumulación de conocimientos tecnológicos. Este fenómeno trajo como resultado procedimientos sistemáticos en las construcciones, en el manejo de los materiales y de la metalurgia, en la transformación del paisaje, etc., que se han reconocido como evidencia de la ingeniería prehispánica. Sin embargo, la ingeniería como profesión surgió solo a partir de la segunda mitad del siglo XIX y, como anota Gabriel Poveda, «en realidad fue durante la década de 1850 cuando comenzó a formarse entre las clases cultas de Bogotá y Medellín un concepto claro sobre la profesión de la ingeniería como una actividad permanente y de importancia para la élite social e intelectual del país» (2009 p. 36).

A partir de los documentos escritos por Poveda (1983), Rodríguez y Vélez (2014), y Valencia (2000), a continuación se presenta un breve resumen de los principales hechos que marcaron la aparición de las universidades en el país. A inicios de la Colonia, ya existían en Colombia algunos colegios que, hacia 1623, impartían títulos académicos. Tales son los casos del Colegio Seminario San Bartolomé, el Colegio de la Compañía de Jesús, que en 1930 pasó a llamarse Pontificia Universidad Javeriana, y el Seminario Mayor de Popayán, que dio origen a la Universidad del Cauca.

En los años posteriores a la Colonia, se fundaron nuevos colegios en diversas ciudades de la República, orientados a la enseñanza superior; sin embargo, la ingeniería como profesión, hasta 1800 era prácticamente desconocida. Esta situación cambió después de la fundación en 1814 del Colegio Militar de Ingenieros en Rionegro, Antioquia, y que solo funcionó hasta 1815. Para su dirección fue nombrado el sabio de la expedición botánica Francisco José de Caldas.

En 1847, durante el primer gobierno del general Tomás Cipriano de Mosquera, se introdujo en Colombia la enseñanza de la ingeniería a partir de la Ley 6 de ese año, con

la fundación del Colegio Militar de Santa Fe de Bogotá que expedía los títulos de ingeniero militar e ingeniero civil; sin embargo, debido a un golpe de Estado, el colegio solo funcionó hasta 1854. Posteriormente, el Congreso suspendió los títulos profesionales y autorizó el libre ejercicio de todas las profesiones, con lo que dejó al país sin formación de ingenieros. Años más tarde, el 24 de agosto de 1861, el general Tomás Cipriano de Mosquera ordenó abrir de nuevo el Colegio Militar de Ingenieros y la Escuela Politécnica, con el fin de formar a los oficiales del Estado Mayor, que respondieran a una necesidad militar, e ingenieros civiles, orientados inicialmente al desarrollo de puertos y caminos, y a la explotación de la minería. Luego, la importancia de esta profesión se consolidó con la construcción de ferrocarriles que permitieron la conexión con los puertos marítimos y el río Magdalena.

En 1866, el Congreso autorizó la expedición de diplomas de idoneidad a los ingenieros, y el 22 de septiembre de 1867 expidió la Ley 66 con la que se creó la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia. En sus orígenes, la Universidad Nacional era integrada por seis escuelas en diferentes campos del conocimiento, de las cuales una era la Escuela de Ingeniería, a la cual fueron transferidos profesores y estudiantes del antiguo Colegio Militar de Ingenieros. En 1870 empezó a operar en firme la Facultad de Ingeniería, orientada al programa de Ingeniería Civil. A partir de ese momento la ingeniería pasó a tener protagonismo en el desarrollo del país gracias a sus aportes en la construcción de grandes carreteras, puentes, ferrocarriles, centrales hidroeléctricas, acueductos, alcantarillados, desarrollos urbanos, avances en industrialización, etc.

En 1887 se estableció la Escuela Nacional de Minas como una institución independiente. A lo largo de los años, enfrentó varios cierres debido a problemas económicos. En 1895, se convirtió en parte de la Universidad de Antioquia, pero fue cerrada nuevamente durante la guerra de los 1000 días. Sin embargo, en 1905 fue reabierta y en 1908 se graduaron los primeros ingenieros de minas del país. En 1940, con la expansión de la Universidad Nacional en la ciudad de Medellín, la Escuela Nacional de Minas se incorporó a dicha universidad. Esta escuela tuvo un impacto significativo en la formación de ingenieros del país, ya que fue la primera en ofrecer programas de ingeniería en diversas ramas, como minas, civil, eléctrica, mecánica y química.

El segundo programa de ingeniería en crearse fue el de Ingeniería Química en 1938 y, posteriormente, gracias al gran desarrollo de la industria nacional entre 1940 y 1960,

fue creado en 1958 en la Universidad Industrial de Santander el primer programa de ingeniería industrial de Colombia. Entre 1940 y 1960 se crearon diversos programas en todas las ramas de la ingeniería, en universidades tanto públicas como privadas, en varias ciudades del país. Como lo afirma Poveda Ramos:

La ingeniería como enseñanza y como ejercicio se ha expandido en nuestro país al mismo ritmo en que hemos absorbido la tecnología moderna que viene de los grandes centros productores del resto del mundo [...]. Nuestra ingeniería ha crecido de una manera gradual pero acelerada, particularmente desde mediados del siglo hasta hoy [...]. La enseñanza de la ingeniería en todas sus ramas y especialidades se ha afanado por atender una creciente demanda cuantitativa de ingenieros. En nuestro país la ingeniería adopta numerosas especialidades y subespecialidades según las áreas del conocimiento que predominan en ella (2009, p. 38)



## **Capítulo 2. Evolución histórica de la ingeniería industrial**

## Introducción

De acuerdo con diversos estudios, en la antigüedad se desarrollaban actividades relacionadas con la práctica de la ingeniería industrial, al igual que en otras ramas de la ingeniería. Por ejemplo, durante la revolución agrícola, alrededor del año 8000 a C., hubo una búsqueda constante de mejores técnicas y métodos para cosechar y aumentar la producción en las actividades del campo. La ingeniería industrial está relacionada con el diseño de procesos y la búsqueda de operaciones más eficientes, de ahí que durante gran parte de su historia las teorías que la sustentan tienen relación con las prácticas productivas de la antigüedad. Sin embargo, solo hasta la Revolución Industrial se registraron los primeros escritos relacionados con la ingeniería industrial, y a finales del siglo XIX surgió como disciplina durante la Segunda Revolución Industrial.

La aparición de la máquina de vapor permitió reemplazar paulatinamente el trabajo, que hasta el momento era eminentemente artesanal, para dar paso a la producción masiva de bienes, con lo cual inició la época de la denominada industrialización. Lo anterior, obligó a buscar técnicas y métodos para mejorar la operación y eficiencia en las industrias emergentes. Estos problemas a principios del siglo XIX eran resueltos por los ingenieros mecánicos, considerados precursores y algunos de ellos pioneros de la ingeniería industrial.

## Antecedentes

Las diferentes ramas de la ingeniería, incluyendo a la ingeniería industrial, se desarrollaron a partir de prácticas empíricas, pero gradualmente se sustentaron en bases más científicas. Según Saunders (1991), la ingeniería industrial logró establecerse de manera más científica a partir de 1950 aproximadamente, con la incursión de la ciencia de las operaciones y la tecnología de los computadores, cuyas aplicaciones fueron de gran importancia para esta profesión.

A través de la historia se han referenciado innumerables aportes que son las bases para la consolidación de la ingeniería industrial como profesión. Los aportes han tenido diferentes enfoques que parten del enfoque clásico que se concentraba en el mejoramiento del trabajo en las nacientes factorías. El enfoque clásico hacía énfasis en los problemas de las plantas, relacionados con la forma de realizar el trabajo por los trabajadores, la mejora de herramientas, la selección de materiales y la búsqueda de mayor eficiencia de las máquinas.

Posteriormente, en 1954, surgió el enfoque matemático y de investigación de operaciones, a partir del cual se produjo un cambio sustancial al incorporar los modelos matemáticos para resolver problemas administrativos y de producción. Para esa misma época, empezó a considerarse en el campo administrativo y en particular en la ingeniería industrial la importancia del ser humano en todas sus dimensiones, gracias a los aportes de las escuelas de relaciones humanas, la escuela burocrática de la administración, el desarrollo organizacional, la administración por objetivos de la escuela neoclásica de la administración, entre otras. Los anteriores enfoques, pese a estar más orientados a la administración, también se constituyeron como teorías importantes para la ingeniería industrial.

Este libro sintetiza las principales teorías y autores que tuvieron gran influencia en la consolidación de la ingeniería industrial y sentaron las bases para su desarrollo y práctica. Cabe aclarar, que este ejercicio se estructura sin pretender de ninguna manera realizar un desarrollo exhaustivo ni profundo de cada corriente y escuela, porque de esto ya existe bibliografía amplia y variada, tanto en textos como en artículos de revistas, muchos de los cuales han sido retomados en esta publicación.

## Resumen cronológico del surgimiento de la ingeniería industrial

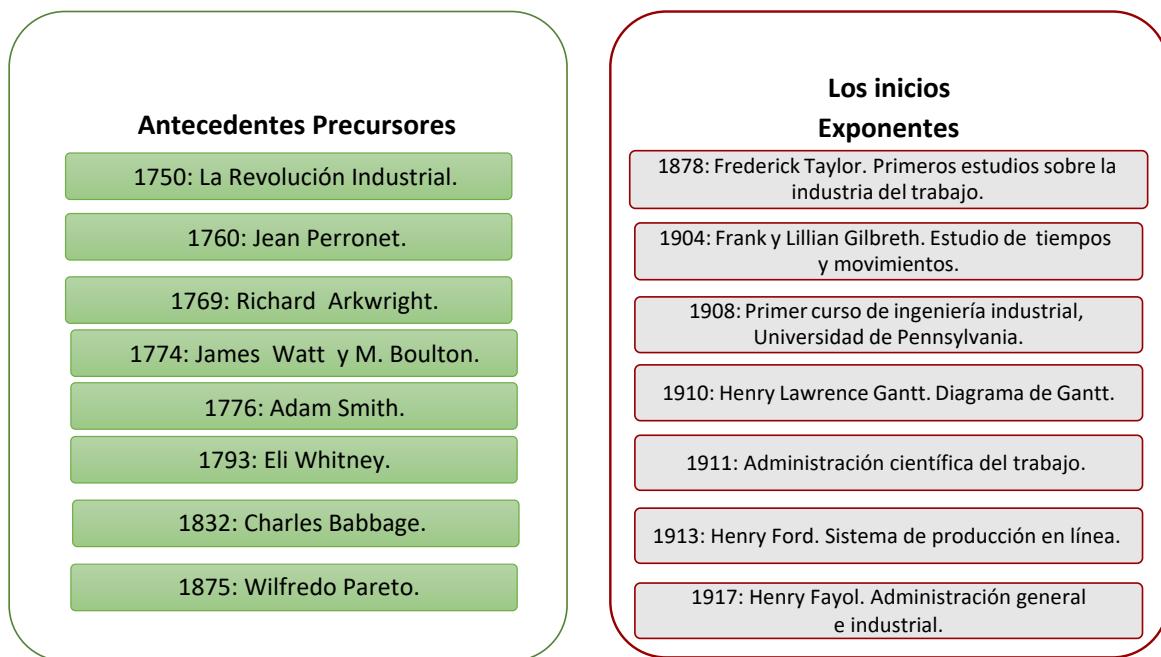


Figura 1. Resumen cronológico del surgimiento de la ingeniería industrial

### Precursores

Con el surgimiento del capitalismo en el mundo y la máquina de vapor inició la era de la industrialización. Entre los innumerables hechos que marcaron esa nueva etapa está el tránsito de la transmisión oral de las técnicas empíricas utilizadas en los talleres artesanales, a la formulación escrita que permitió que muchos conocimientos fueran accesibles a las personas. En este contexto, aparecieron empresarios laboriosos que hicieron los primeros aportes escritos sobre el estudio y análisis de los procesos productivos y la organización de la empresa, con lo que lograron mejorar los resultados productivos y económicos de las industrias. Estos aportes fueron retomados posteriormente por las escuelas clásicas de la administración, precursoras de la ingeniería industrial. Algunos de los pensadores más influyentes en este proceso fueron:

- Jean Rodolphe Perronet (1708-1784). Arquitecto francés quien, a través de las diferentes obras arquitectónicas de construcción en las que participó, se dedicó paralelamente al estudio del proceso de fabricación de herramientas e instrumentos para la construcción. En 1760 propuso un método para medir y reducir los tiempos

en la fabricación y obtención de instrumentos. Esta contribución sentó las bases para lo que posteriormente se conoció como el estudio de tiempos en la ingeniería industrial.

- Richard Arkwright (1732-1792). Inventor inglés, considerado como uno de los precursores de la Revolución Industrial. En 1751 fundó una empresa para la fabricación de hilos de algodón, en la que usaban un marco giratorio movido por energía hidráulica (*water frame*). Esta tecnología fue inventada y patentada por él, y fue reconocida como un avance significativo para el desarrollo tecnológico del sector textil en la segunda mitad del siglo XVIII. En 1769, inventó la hiladora continua de anillo. También puso en marcha un sistema para el control administrativo de la producción y escribió el primer reglamento industrial moderno para organizar a los obreros de su fábrica.
- Adam Smith (1723-1790). Economista escocés, considerado como el padre de la economía por su obra maestra: *Investigaciones sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones*, publicada en 1776. En esta obra expuso el principio de la división del trabajo, aplicado en la ingeniería industrial, a partir de la especialización de tareas. Su teoría fue la base para lograr la eficiencia y productividad en las líneas de ensamble en las grandes factorías de la época y contribuyó a la reducción de costos de producción.
- Mathew Boulton (1728-1809) y James Watt (1736-1819). Boulton, industrial británico, fue socio de James Watt, ingeniero escocés. Ambos fueron pioneros de la Revolución Industrial. Se asociaron en 1775 para perfeccionar la primera máquina de vapor, ideada por Thomas Newcomen y desarrollada y patentada por Watt en 1769. En el proceso introdujeron mejoras significativas y diversas aplicaciones, que fueron ideadas y patentadas por Watt.

En 1761, Boulton construyó una fábrica, *Soho Manufactory*, que fue pionera en la introducción de métodos modernos de producción y programas de seguridad social para sus trabajadores. En 1774, después de su asociación con Watt, crearon conjuntamente la fábrica *Soho Foundry* donde produjeron máquinas de vapor. La nueva fábrica fue considerada como un gran avance para su tiempo al tener operarios especializados, productos estandarizados que permitían gran eficiencia en las tareas, menores tiempos de producción y ahorros en el gasto

de materiales. En 1880 los hijos de ambos, Matthew Robinson (1770-1842) y James Jr. (1769-1848), los sucedieron en el direccionamiento de la compañía.

- Eli Whitney (1765-1825). Mecánico, inventor y fabricante estadounidense. En 1793, inventó una máquina desmotadora de fibras de algodón que podía producir 25 kilos. Después, desarrolló el concepto de piezas intercambiables estandarizadas para poder instalarlas en diferentes productos. Realizó una contribución importante para la ingeniería industrial: la implementación del sistema de fabricación y la línea de montaje, que fue mejorada posteriormente por Henry Ford.
- Charles Babbage (1792-1871). Matemático inglés que se convirtió en el precursor de la computadora moderna, con su invención de la primera calculadora mecánica. También se le considera como el referente de la administración científica, pues se dedicó durante gran parte de su vida a estudiar cómo hacer más eficientes las operaciones de fabricación. Su libro *La Economía de las Máquinas y las Manufacturas*, divulgado en 1832, expuso algunos principios innovadores considerados durante varias décadas y que, según su concepto, debían aplicar a las organizaciones para aumentar su productividad. Algunos de estos principios eran: la división del trabajo, la disminución de tiempos muertos para hacer más eficientes las operaciones y la búsqueda de mayor economía en las operaciones a partir de la reducción en el desperdicio de materiales. De igual manera, se le consideró pionero de los estudios de tiempos y movimientos que fueron documentados casi un siglo después por F. Taylor, y en los aportes referidos a la línea de montaje implementada por Ford.
- Wilfredo Pareto (1848-1923). Además de grandes contribuciones que la han sido reconocidas en los campos de la economía y la sociología, en 1875 implantó el concepto de eficiencia conocido como el Principio de Pareto, que es considerado de gran utilidad en diversas áreas del conocimiento, específicamente en la ingeniería industrial.

De acuerdo con Ferrell (1996), los trabajos y los aportes mencionados fueron sumamente valiosos y sentaron las bases de la ingeniería industrial; sin embargo, pese a los desarrollos alcanzados en las empresas donde fueron aplicados, no se presentó un movimiento generalizado para que fueran adoptados ampliamente por otros industriales. De ahí que la historia únicamente los reconociera como precursores, ya que fue solo hasta finales del siglo XIX que se situó el nacimiento de la ingeniería industrial, cuando se produjo un gran impulso, tanto en Estados Unidos como en Europa, orientado a

realizar cambios sobre el desarrollo del trabajo en las fábricas. Las bases empíricas de la ingeniería se atribuyen a la escuela clásica de la administración, en la que destacan las contribuciones de personajes como Frederick Taylor, Henry Fayol, Henry Ford y Max Weber. Por su parte, las bases científicas se adjudican a la escuela cuantitativa de la administración. Tanto las bases empíricas como las científicas se constituyeron como los fundamentos que permitieron el desarrollo y consolidación de la ingeniería industrial.

Durante y después de la Segunda Guerra Mundial, se produjeron avances significativos en el estudio de tiempos, la simplificación del trabajo y los procesos enfocados en mejorar la productividad y la calidad. Estos avances, junto con una variedad de herramientas y conocimientos matemáticos, se combinaron con el desarrollo y uso de computadoras. Como resultado, la ingeniería industrial experimentó una expansión rápida y comenzó a incursionar en diversas áreas de organizaciones de todo tipo, enfocándose en el diseño y mejoramiento de sus procesos.

## **Teorías que han contribuido al desarrollo de la ingeniería industrial**

A continuación, se ofrece una síntesis de los conceptos y aportes fundamentales de las escuelas y autores que son considerados pioneros de la ingeniería industrial, y que, por tanto, han sido referentes teóricos para el desarrollo de la profesión.

### **1. Escuela Clásica de la Administración**

Surgió como respuesta a un sinnúmero de problemas relacionados con el crecimiento industrial en el marco de la Revolución Industrial. Se constituyó como el primer intento de sistematización del conocimiento científico-técnico en el período aproximado de 1880 a 1930, cuando un grupo de ingenieros, principalmente mecánicos, realizaron esfuerzos significativos para aplicar y divulgar un cuerpo de ideas organizadas y documentadas, que tomaron como base su experiencia en la operación de los talleres y en la administración de las empresas de la época. El propósito de estos ingenieros era aumentar la eficiencia y la productividad del trabajo industrial.

Este movimiento estuvo integrado por dos corrientes de pensadores y teóricos, que surgieron en Estados Unidos y en Francia, los cuales son considerados como parte de las escuelas del pensamiento administrativo. En este contexto, el término «escuela de pensamiento» no se refiere al significado clásico de «recinto para la educación», sino en un sentido más amplio y universal, como corriente de pensamiento y fuente de conocimiento. Las corrientes fueron:

- Primera corriente: denominada teoría de la administración científica, emergió en Estados Unidos y se fundamentó en los trabajos de Frederick W. Taylor, Henry Lawrence Gantt, Harrington Emerson, Henry Ford, entre otros.
- Segunda Corriente: denominada teoría clásica de la administración, apareció en Francia y también es reconocida como la escuela anatómica o fisiológica. Se sustentó en los trabajos y desarrollos teóricos de Henry Fayol, James D. Mooney, Lyndall F. Urwick, entre otros.

Ambas corrientes hacen parte del denominado enfoque clásico o tradicional de la administración, puesto que, a pesar de tener enfoques diferentes, se concentraron en resolver problemas relacionados con la búsqueda de mayores niveles de productividad. Taylor y sus seguidores se concentraron en el estudio del trabajo para detectar las diferentes prácticas que lo hacían más eficiente y, a partir de estas, lograron mejoras sustanciales que fueron difundidas y aplicadas en las organizaciones. Por su parte, la escuela de Fayol se enfocó en el estudio de la empresa desde el punto de vista de su estructura y funcionamiento, pero persiguiendo el mismo objetivo de mejorar la productividad a partir de la aplicación de principios generales de administración con bases científicas, por lo cual esta corriente también se incluyó dentro de la escuela clásica de la administración.

Según Martínez F., la filosofía de la escuela clásica es: «[...] la eficiencia, en el sentido de disminuir los costos de producción; el aumento permanente de la productividad, el sistema de remuneración por rendimiento, el estudio y diseño de la estructura formal de las organizaciones, la sistematización de las funciones de la gerencia a través de las actividades de planeación y control de resultados» (1999, p. 91).

A comienzos del siglo xx, los principios de la teoría clásica de la administración predominaron durante más de cuatro décadas y, a pesar del tiempo y el lugar, siguen siendo relevantes y aplicados en principios esenciales de muchas organizaciones modernas. De

hecho, Martínez, trece años después de su primer libro, afirmó que: «Esta teoría continúa vigente y se aplicará en la administración del trabajo humano y de las máquinas en el siglo XXI» (2012, p. 197).

### **Antecedentes históricos de la Escuela Clásica**

La teoría clásica de la administración surgió durante el período de 1880-1920, conocido como la Segunda Revolución Industrial. Esta teoría fue una respuesta a las condiciones del entorno histórico, que generaron la necesidad de encontrar mejores formas de administrar la complejidad de las nacientes fábricas y de aumentar su productividad. Dentro de las condiciones socioeconómicas que impulsaron su aparición, destacan:

- La alta industrialización y expansión de los mercados, con crecimiento acelerado y desorganizado de las empresas, en las cuales predominaban las prácticas empíricas.
- La escasez de mano de obra calificada.
- La demanda creciente de la población ante la explosión demográfica.
- El predominio de la economía política clásica de *Laissez Faire*, que significa «dejar hacer, dejar pasar». Fue una política del siglo XVIII, orientada limitar la intervención del Estado en la economía, como respuesta a la política mercantilista y proteccionista.
- El desarrollo tecnológico originado, en gran parte, por la necesidad de atender la ampliación de los mercados internos y externos.
- La masificación de la producción.
- La concentración del capital financiero y de producción que imperó en las empresas monopólicas, y que buscó la maximización de las ganancias y la lucha por conquistar nuevos mercados.
- El surgimiento de la clase obrera.
- La situación laboral y sindical que se destacó por el predominio de mano de obra no calificada, desempleo y falta de normas básicas de legislación laboral.

- El crecimiento de las industrias con tamaños y condiciones disímiles, con problemas de bajo rendimiento de las máquinas, altos costos de producción, ineficiencia de la mano de obra, altos desperdicios, etc. Estos factores exigían aumentar la eficiencia y la competencia de las organizaciones.

### ***Corriente de la administración científica***

Como se mencionó anteriormente, la corriente de la administración científica fue integrada por pensadores que se orientaron al estudio científico del trabajo y que fueron considerados como los pioneros de la ingeniería industrial en el mundo, dentro de una concepción eminentemente pragmática. Según Martínez, la administración científica fue «una respuesta al desafío de elevar la productividad mediante la planeación del trabajo, recursos y resultados en las organizaciones industriales en expansión, originando un movimiento universal que lleva más de un siglo» (1999, p. 27).

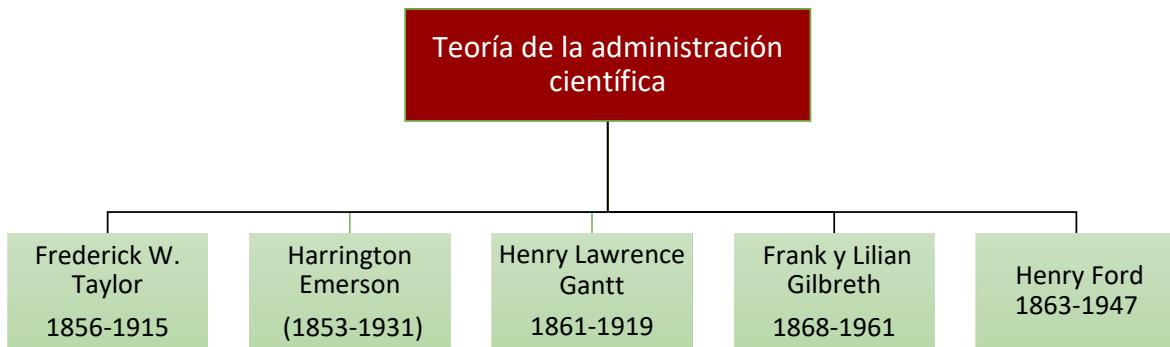
### ***Principios de administración de la escuela científica***

Los principios de la administración científica sentaron las bases para el surgimiento de la ingeniería industrial. Debido a esto, Taylor, como principal exponente de esta escuela, es reconocido como el padre de la ingeniería industrial. A lo largo del tiempo, otros autores también han realizado contribuciones importantes, lo que ha permitido la evolución y expansión de la disciplina en diversos campos de la actividad humana. La ingeniería industrial sigue buscando nuevos conocimientos y herramientas para el mejoramiento continuo en un ambiente permanente de cambio. Los diferentes principios del campo se resumen en:

1. Principio de planeación: consiste en desarrollar una ciencia del trabajo que reemplace las prácticas empíricas individuales de los trabajadores, por métodos estandarizados basados en procedimientos previamente establecidos. Además, incluye aspectos como:
  - La selección de herramientas adecuadas y una buena disposición del puesto de trabajo.
  - El cálculo de los costos de producción.

- El establecimiento de un sistema para la clasificación de información.
  - El estudio y estandarización de los métodos de producción, los movimientos y los tiempos de cada operación.
2. Principio de preparación: se basa en la selección científica del trabajador y en la implementación de programas de entrenamiento y formación para mejorar su desempeño.
3. Principio de control: consiste en verificar en el trabajo realizado el cumplimiento de las actividades, los tiempos de trabajo, los estándares de calidad y las normas establecidas, según el plan previsto. Para esto, se propuso la supervisión funcional.
4. Principio de ejecución: implica la división equitativa del trabajo y la asignación de responsabilidades entre la dirección de la empresa y los trabajadores, separando las funciones de preparación y ejecución, y asignándolas a personas distintas. Este principio ha dado lugar a la estructura organizacional con tres niveles fundamentales de autoridad: directivo, ejecutivo y operativo.
5. Principio de colaboración cordial entre obreros y patronos: se refiere a la implementación de sistemas de remuneración con incentivos para promover mayor productividad, que beneficie tanto al trabajador como al empleador.
6. Principio de supervisión funcional: Taylor consideró la importancia de tener supervisores especializados en áreas específicas de trabajo dentro de la planta. Esto permitía que los operarios recibieran instrucciones de personas conocedoras de cada campo, ejerciendo autoridad funcional relativa a su especialidad. Este enfoque condujo al desarrollo de la organización funcional.

## Principales exponentes



**Figura 2.** Principales exponentes de la escuela de la administración científica

### Frederick Winslow Taylor (1856-1915)

Taylor fue un ingeniero norteamericano que ha sido reconocido como el «padre de la ingeniería industrial». Aun cuando en sus trabajos nunca empleó el concepto de ingeniería industrial, sus estudios sí sentaron las bases de la profesión. A partir de su experiencia como obrero en una empresa siderúrgica de Filadelfia, que posteriormente le dio la oportunidad de ser director del taller, pudo observar cuidadosamente cómo trabajaban los obreros que cortaban los metales. Con su experiencia buscó cómo organizar las tareas para hacerlas más eficientes desde el punto de vista de los tiempos, desplazamientos de los operarios en el taller, uso de herramientas y motivación salarial.

Años más tarde, Taylor se tituló como ingeniero mecánico y empezó a trabajar como ingeniero jefe en una importante compañía siderúrgica de Pennsylvania, desde 1898 hasta 1901. Durante este tiempo, se convirtió en un reconocido investigador en el campo de la productividad en las empresas, lo cual lo llevó a publicar algunos libros sobre organización científica del trabajo. En 1911, escribió su obra más importante, que contenía los fundamentos de su teoría: *The Principles of Scientific Management*, traducida al español como *Principios de la administración científica*. Este trabajo lo consagró como el fundador de la escuela de administración científica.

En las primeras etapas de sus estudios, Taylor se enfocó en las técnicas de racionalización y simplificación del trabajo, buscando diseñar métodos más rápidos y eficaces para cada operación. Sin embargo, más adelante se dedicó a aplicar sus estudios para

lograr mejoras significativas en la productividad de todo el taller. De acuerdo con varios expertos que han estudiado la obra de Taylor, sus resultados obtenidos se basaron en los siguientes aspectos:

- Planeación del trabajo y programación de la tarea.
- Adiestramiento adicional de los trabajadores a través de una selección cuidadosa y un estudio detallado de las destrezas de cada uno.
- Recorte de la jornada laboral, de diez horas y media a ocho horas y media.
- Introducción de periodos de descanso dentro de la jornada laboral.
- Diseño de un sistema moderno para el cálculo y control de costos de producción.
- Aumento en la eficiencia del sistema de control.
- Normalización o estandarización de métodos de trabajo, herramientas y máquinas.

### **Frank Gilbreth (1868-1924)**

Ingeniero dedicado a mejorar la eficiencia del trabajo. Se enfocó en buscar métodos que permitieran eliminar movimientos innecesarios, reducir tiempos y costos de operación, y posteriormente estandarizarlos.

### **Lillian Gilbreth (1878-1922)**

Psicóloga y esposa de Frank Gilbreth. Propuso descomponer cada operación en movimientos fundamentales con el fin de medir con precisión los tiempos de ejecución de cada tarea o actividad. Para lograrlo, utilizó diecisiete símbolos gráficos, conocidos como *therbligs*, que representaban diferentes acciones, como coger, colocar, inspeccionar, entre otros. Esta metodología representó un avance significativo en el análisis científico del trabajo y se considera como una de sus contribuciones más importantes. Según Saunders (1991, p. 40), otro gran aporte de Lillian Gilbreth a la ingeniería industrial fue su enfoque como psicóloga. Su contribución se centró en prestar atención a los problemas humanos asociados al trabajo, la interacción entre las personas y su respuesta a las limitaciones ambientales y fisiológicas tanto del trabajo como del lugar de trabajo.

## Trabajo conjunto de Frank Gilbreth y Lillian Gilbreth

Los Gilbreth fueron continuadores de la escuela de la administración científica, a partir de sus contribuciones destacadas para mejorar la eficiencia del trabajo. Se enfocaron principalmente en el estudio de tiempos y movimientos, lo que dio origen al concepto de simplificación del trabajo. Además, debido a la formación de Lillian Gilbreth como psicóloga, también trabajaron en la mejora del trabajo humano y el ambiente laboral. Sus investigaciones abordaron aspectos como la fatiga, la monotonía, entre otros, lo cual resultó en valiosos aportes para el campo de la ingeniería industrial.

## Henry L. Gantt (1861-1919)

Ingeniero mecánico norteamericano y discípulo de Taylor en la corriente de la administración científica. Publicó el libro de *Trabajo, salarios y beneficios* en 1913, considerado como su obra más importante. Se enfocó en la programación de tareas y en el establecimiento del sistema de recompensas a los trabajadores, a través de bonos e incentivos salariales, con el objetivo de mejorar la calidad y eficiencia del trabajo. Otro de sus aportes representativos es el gráfico o diagrama de Gantt, ampliamente conocido y aplicado en la programación y el seguimiento de tareas. El gráfico consiste en registrar las actividades y su cronología, lo que permite controlar el progreso del trabajo en relación a los plazos establecidos.

## Harrington Emerson (1853-1931)

Ingeniero mecánico e industrial y otro miembro destacado de la escuela de la administración científica. Desarrolló los postulados conocidos como los doce principios de la eficiencia, que fueron divulgados en 1912 a través de un libro con el mismo nombre. Los primeros cinco principios se enfocaron en la fijación de objetivos de la empresa y en las relaciones entre empleados y empleadores; mientras que los siete restantes se dirigieron a los métodos y sistemas de administración. Emerson se convirtió en una de las figuras más relevantes para la ingeniería industrial, por ser quien popularizó los principios de la administración científica de Taylor. Además, se enfocó en la simplificación de los métodos de trabajo, la selección de personal y su entrenamiento.

## Henry Ford (1863-1947)

Empresario norteamericano, amigo y asesor de Taylor, que se destacó como pionero de la industria automotriz. Después de ser aprendiz de mecánico, se tituló como ingeniero y posteriormente fundó la Ford Motor Company, una de las empresas automovilísticas más destacadas en el mundo y que aún existe. Ford revolucionó los métodos de fabricación de automóviles a través de múltiples aportes, entre los que se cuenta el concepto de producción en masa.

Para la ingeniería industrial se convirtió en uno de los pioneros más sobresalientes por sus grandes contribuciones. Tal es el caso de la implementación de la cadena de montaje y la aplicación de los conceptos de producción en línea y balance de línea, fundamentales para la ingeniería de métodos y tiempos. A partir del principio desarrollado por Adam Smith sobre la división y especialización del trabajo, Ford logró aumentar el trabajo operativo en la planta. En 1908, construyó el primer automóvil con precios accesibles para gran parte de la población, el modelo T, gracias a la reducción de costos en tiempos y materiales utilizados en la producción en serie. Como lo relata Martínez:

[En el modelo T, Ford] empleó doce horas y media en su construcción, en 1909 fabricaba solo 30 carros por día, en 1913 llegó a fabricar 800 y en 1920 la productividad aumentó considerablemente hasta llegar a producir un automóvil modelo T por minuto. En 1925 llegó a salir un auto cada cinco segundos de la línea de ensamble. [...]. En 1926 era propietario de 88 fábricas, empleaba 150 000 trabajadores y producía dos millones de carros por año (1999, p. 105)

El Fordismo, nombre dado a sus postulados, no solo influyó en la productividad, sino también en otras áreas de la organización empresarial. Ford introdujo cambios en las condiciones de la clase trabajadora al reducir la jornada laboral a ocho horas diarias de trabajo y mejorar los salarios de los obreros como incentivo. Estas prácticas posteriormente fueron adoptadas por gran parte de las empresas. En materia de reducción de costos dio origen a lo que seis décadas después Porter (2015) llamaría como estrategia de liderazgo en costos.

En su obra, Ford planteó cuatro principios básicos para la producción:

- Intensificación, enfocada a la estandarización de máquinas, equipos y mano de obra.
- Economicidad, tendiente a la reducción del tiempo de producción y la cantidad de materiales a utilizar.
- Productividad, que se logra a través de la especialización y la línea de montaje, aumentando los niveles de producción.
- Simplicidad, eliminando las operaciones ociosas, lo que disminuye costos de producción.

### *Principales críticas a la administración científica*

Diversos estudiosos del tema han reconocido a lo largo de la historia los grandes aportes de la administración científica; sin embargo, la escuela también fue objeto de profundas críticas que, según Chiavenato (2007, p. 77-78) se resumen en que:

- Es un enfoque microscópico y mecanicista de la administración científica, por darle «poca importancia al factor humano y la concepción de la empresa como una distribución rígida y estática de piezas».
- Demanda alta especialización del obrero al asignarle una sola tarea, restándole iniciativa.
- Tiene ausencia de comprobación científica, dado que en sus estudios utilizó un método empírico y se basó en experiencias centradas en los problemas de producción de las fábricas donde laboraban.
- Es un enfoque incompleto de la organización que se limita, según diversos autores, a los aspectos formales de la organización.
- Se limita al campo técnico de la empresa, sin considerar otros aspectos y funciones importantes para la organización, tales como los financieros, comerciales, etc.
- Es un enfoque de sistema cerrado, porque estudia a las empresas como si fueran cerradas, sin tener en cuenta todas las influencias de su entorno.

A pesar de las críticas, el Taylorismo ha mantenido su vigencia y ha sido objeto de estudio y ampliación por parte de teóricos de la organización. Se han realizado múltiples aportes y enfoques que han superado las técnicas administrativas iniciales propuestas por Taylor. Estos avances se han adaptado a las nuevas condiciones económicas y tecnológicas, en respuesta a la búsqueda constante de mejoras en la productividad y el mejoramiento continuo. Todo esto se da en el contexto de la competencia en un mercado globalizado. Por estas razones, Martínez concluyó que:

El Taylorismo permanece vigente en los países industrializados y constituye una alternativa seria para mejorar el nivel de productividad actualmente en los países en vía de industrialización; la filosofía del aumento permanente de productividad, de rendimiento y eficiencia -en el sentido de disminuir los costos de producción e incentivar al trabajador a través del salario- continúa siendo una opción aplicable (1999, p. 111)

### ***Segunda corriente: teoría clásica de la administración***

La teoría clásica de la administración, también llamada escuela anatómica o fisiológica de la organización, se desarrolló en Francia en 1916, y logró difundir ampliamente sus postulados por el resto de Europa. Sus principales integrantes fueron directivos empresariales de la época, entre ellos: Henry Fayol, James D. Mooney, Lyndall F. Urwick, Luther Gulick y otros. Como se expuso anteriormente, esta corriente también hace parte de la escuela clásica y fue denominada como la escuela anatómica y fisiológica por concebir la estructura de la organización como un todo. Bajo esta lógica, hizo una analogía con el ser humano, desde el punto de vista de su estructura (anatomía) y su funcionamiento (fisiología), destacando la relación entre las partes y componentes, como pasa en el cuerpo humano. En este sentido, realizó el estudio de la empresa desde la dirección hacia sus partes y componentes, definiendo los elementos, funciones y principios generales de la administración, en un enfoque que es inverso al de la administración científica.

#### ***Henry Fayol (1841-1925)***

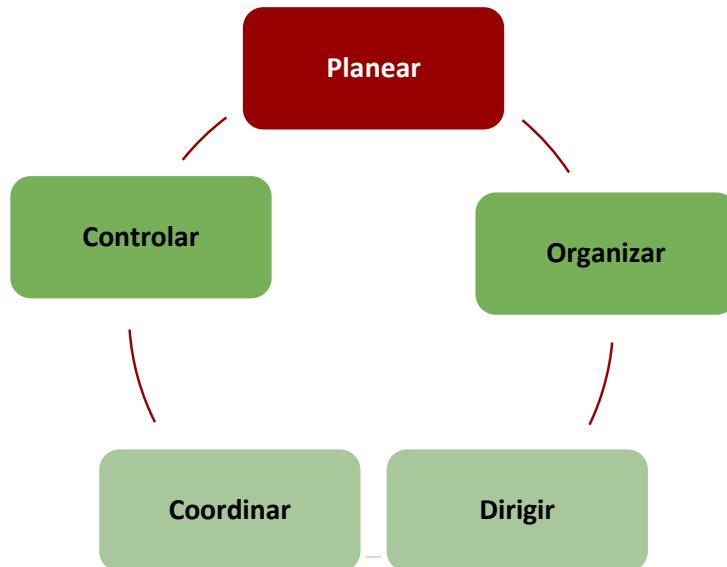
Ingeniero de minas de origen francés y, con más de treinta años de experiencia, destacó en su cargo como director de una empresa minera. Se dedicó al desarrollo de una teoría

administrativa que no solo se aplicó en la industria, sino que también se extendió a otros tipos de organizaciones y a la administración pública. Por esta razón se le reconoce como el verdadero padre de la teoría moderna de la administración. Su obra más importante, *Administration industrielle et générale*, fue publicada en 1916, prácticamente en el mismo periodo en el que Taylor y sus colaboradores desarrollaban los principios de la administración científica en Estados Unidos. Sin embargo, la obra de Fayol fue poco conocida en Estados Unidos, ya que su traducción al inglés se realizó por primera vez en 1969, treinta años después del libro de Taylor. Asimismo, la traducción al español se llevó a cabo por primera vez en 1971. Los principales aportes de la escuela de Fayol se centran en la definición de los elementos administrativos, las funciones básicas de la empresa y los principios de la organización. A continuación, se resumirán sus aportes.

### **Elementos de la Administración. Proceso administrativo**

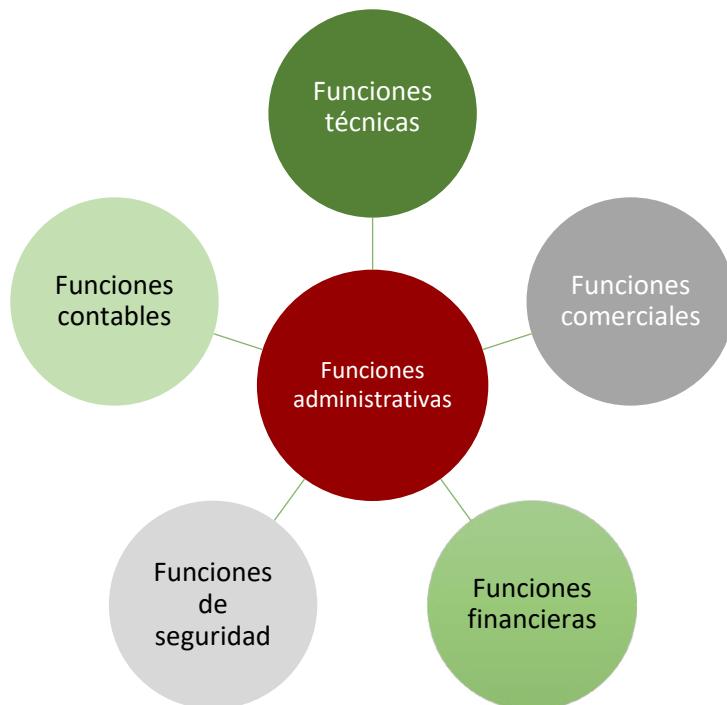
Dentro de los grandes aportes de Fayol se destaca la definición de las actividades fundamentales para cumplir la función de administrar, conocidas como proceso administrativo. El proceso se compone de cinco elementos, los cuales deben estar presentes en cualquiera acto administrativo y que, aunque no necesariamente se realizan en forma secuencial, siempre se cumplen (Ver figura 3). Fayol (1973, p. 118-119) define los cinco elementos, como:

- Planeación: orientada a prever el futuro y a elaborar planes de acción para anticiparse a lo que está por venir, y tomar decisiones para enfrentarlo.
- Organización: definir la estructura de cargos y funciones de la empresa, con el fin de alcanzar los objetivos, así como disponer de los recursos necesarios para lograrlo.
- Dirección: guiar y orientar al personal.
- Coordinación: buscar la cohesión, integración y armonía de todas las actividades, tareas y personas de la empresa hacia un objetivo común.
- Control: vigilar y verificar que todo funcione de acuerdo con las normas impartidas y en cumplimiento de los objetivos trazados.

**Figura 3.** Funciones básicas de la administración

### Las seis funciones básicas de la empresa según Fayol

Fayol dividió el conjunto de operaciones o funciones esenciales que debe desarrollar cualquier empresa para cumplir sus objetivos en los seis grupos que aparecen en la figura 4.

**Figura 4.** Funciones básicas de la empresa

- Funciones técnicas: enfocadas a la producción de bienes o a la prestación de servicios de la empresa.
- Funciones comerciales: orientadas a la compra, venta e intercambio de bienes y servicios.
- Funciones financieras: relacionadas con la gestión de los recursos monetarios, y búsqueda y administración de los capitales de la empresa.
- Funciones de seguridad: relacionadas con la protección y preservación de los bienes y de las personas.
- Funciones contables: encargadas de la contabilización de los movimientos monetarios de la empresa: ingresos y egresos, balances, inventarios, costos y estadísticas.
- Funciones administrativas: relacionadas con la previsión, organización, mando, coordinación y control de resultados.

A su vez, Fayol estableció una clara diferenciación entre la función administrativa y gobernar la empresa, para lo cual definió gobernar como:

conducir la empresa hacia el fin propuesto, tratando de obtener el mayor provecho posible de todos los recursos de que ella dispone; es asegurar la marcha de las seis funciones esenciales. La administración no es sino una de las seis funciones cuya marcha debe asegurar el gobierno (1973, p. 149).

Las funciones esenciales definidas por Fayol se encuentran en la mayoría de empresas, con alguna variación en su denominación. En organizaciones más complejas, en la medida que se expanden, se incorporan nuevas funciones o se subdividen las funciones básicas.

### **Principios de la administración propuestos por Fayol**

Los catorce principios de Fayol (1973, p. 164-189), denominados universales, tienen como objetivo guiar la actividad administrativa y dar orientación sobre la forma adecuada de concebir, planear y estructurar el trabajo en una organización. Los catorce principios se enumeran a continuación:

1. División del trabajo: dividir las tareas para permitir la especialización y aumentar la eficiencia.
2. Autoridad y responsabilidad: derecho de dar órdenes, con una consecuencia natural de responsabilidad. Ambas deben estar equilibradas entre sí.
3. Disciplina: respeto y cumplimiento cabal de las diferentes normas.
4. Unidad de mando: posibilidad de que cada empleado reciba órdenes de solo un superior.
5. Unidad de dirección: definir una sola persona al mando y un plan para cada grupo de actividades que tengan un mismo objetivo.
6. Subordinación: fomentar que los intereses generales estén por encima de los individuales.
7. Remuneración del personal: debe ser justa para la satisfacción de los empleados y para la organización en términos de retribución.
8. Centralización: concentración de la autoridad en la alta jerarquía de la organización.
9. Jerarquía o cadena escalar: principio de mando y línea de autoridad que parte desde el nivel superior de la organización y desciende por los diferentes niveles.
10. Orden: es el orden material y humano que ubica un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
11. Equidad: amabilidad y justicia para alcanzar la lealtad del personal.
12. Estabilidad y duración en un cargo del personal: reconoce que la rotación tiene un impacto negativo sobre la eficacia de la organización. Es mejor cuanto más tiempo una persona permanezca en su cargo.

13. Iniciativa: capacidad de visualizar un plan y asegurar su éxito.
14. Unión del personal: defiende que la armonía y la unión entre las personas constituyen grandes fuerzas para la organización.

### *Críticas a la teoría clásica de la administración*

Al igual que la escuela de la administración científica, la teoría clásica también ha sido objeto de diversas críticas que según Chiavenato (2007) se resumen en:

- Un enfoque simplificado de la organización formal.
- Ausencia de trabajos experimentales.
- Extremo racionalismo en la concepción de la administración.
- Enfoque incompleto de la organización.
- Enfoque de la organización como un conjunto de diversas actividades; sin embargo, descuida muchas otras variables del entorno y de la organización interna que determinan el comportamiento de las organizaciones como sistemas abiertos.

A pesar de las críticas, no existen dudas sobre la vigencia de muchos de sus principios y conceptos y ha servido de base para la teoría administrativa moderna.

## **2. Escuela burocrática**

La teoría de la burocracia en administración surgió entre 1946 y 1947, como respuesta a las críticas de esa década a las escuelas clásica y de las relaciones humanas, siendo su máximo exponente Max Weber. Las críticas estaban centradas especialmente en la falta de un enfoque más global de las organizaciones, lo que condujo a la necesidad de desarrollar una teoría general de la administración más sólida y completa, que tuviera en cuenta tanto la estructura como a los participantes de la organización. A estos aspectos se suman el crecimiento, tamaño y complejidad de las empresas, que exigían modelos de organización más integrados.

## **La obra de Max Weber (1864-1920)**

Weber, sociólogo alemán de origen judío, es reconocido como uno de los fundadores de la sociología moderna. Fue autor de numerosos libros, de los cuales su obra fundamental es *Economía y sociedad: esbozo de sociología comprensiva*. Esta obra fue traducida al español por primera vez en 1944 por Talcott Parson, veinte años después de su fallecimiento. Weber también se destacó como un estudioso de la organización dentro del enfoque estructuralista, por lo que se preocupó especialmente por el principio de racionalidad, el cual implica establecer un equilibrio entre los medios empleados y los recursos utilizados para garantizar la máxima eficiencia en la consecución de los objetivos. Además, fue reconocido por sus teorías sobre la autoridad.

El modelo de organización burocrática es considerado por Weber como el tipo ideal de organización (Chiavenato, 2007, p. 225). A pesar de que el modelo fue formulado desde la sociología política, fue utilizado ampliamente en diversas instituciones públicas, organizaciones religiosas y educativas, y en grandes empresas. En dichos espacios la administración se concentraba en los altos niveles jerárquicos y utilizaba la racionalidad, es decir, buscaba un mínimo esfuerzo y máximo de economía para lograr los fines para los cuales fue creada la organización.

Con referencia a sus teorías sobre la autoridad, Weber, citado en Chiavenato (2007, p. 224), expuso el concepto de dominación que, en el ámbito de la organización se refiere a «autoridad», entendida como la capacidad que tiene una persona para influir sobre otras. Así, se distinguen tres tipos de autoridad:

- De carácter racional: es la autoridad legal que le es conferida a una persona, como un derecho de mando que proviene del ordenamiento mismo del sistema en el que se ejerce y, por consiguiente, debe ser aceptada y legitimada por quienes lo conforman.
- De carácter tradicional: se basa en las tradiciones que han regido históricamente, y que han conferido la legitimidad a los señalados por esa tradición para ejercer la autoridad, como en los casos de líderes religiosos, comunitarios, miembros de familias, etc.

- De carácter carismático: parte de las condiciones ejemplares y excepcionales que ostenta una persona, que llevan a una comunidad a seguirlo y a darle validez por razones de confianza personal, o creencia en sus orientaciones y carisma.

### *Características del modelo burocrático de Weber*

Weber, según Chiavenato (2007, p. 226-228) y Martínez (1999, p. 139-143), sugirió la estructuración de su modelo de la burocracia con base en las siguientes características.

- Estructura centralizada definida legítimamente a partir de la autoridad racional y funciones especializadas:
- Administración basada en decisiones y procedimientos escritos.
- Formalización de las leyes, normas y procedimientos, así como la comunicación de los mismos de manera escrita y precisa. Busca establecer canales oficiales de comunicación para garantizar la trasmisión adecuada de la información.
- Estandarización de los procedimientos de trabajo y socialización por guías y manuales.
- Racionalidad en la división del trabajo, a partir de los cargos y funciones y no de personas.
- Jerarquía de la autoridad clara, a través de una estructura con niveles y relaciones bien definidas y delimitadas.
- Definición del grado de autoridad y poder que debe tener cada cargo, independiente de la persona que lo ocupa.
- Profesionalización de los participantes y selección de los trabajadores por meritocracia, con base en las competencias técnicas bien definidas.
- La administración y los administradores de la organización deben estar diferenciados y separados de la propiedad (los accionistas).

### *Disfunciones del modelo burocrático de Weber*

Según Chiavenato (2007, p. 230-231), el modelo burocrático, a pesar de haber sido concebido como un modelo ideal, ha experimentado algunas distorsiones en su aplicación en el mundo real. Las distorsiones surgieron debido a una mala interpretación y aplicación de los principios burocráticos por parte de las personas de la organización. Como resultado, el término burocracia ha adquirido una connotación peyorativa, contraria al concepto original de Weber, que se refería a la organización eficiente por excelencia. La palabra burocracia se deriva de las expresiones *bureau*, que significa oficina, y *cratos*, relacionada con el poder. Esta asociación ha llevado a que en el lenguaje coloquial se utilice la palabra para denotar el exceso del poder y la ineficiencia de las oficinas públicas, donde predomina el papeleo. Chiavenato (2007, p. 226), resume en cinco puntos los aspectos de la burocracia que fueron objeto de una mala aplicación:

- Exagerado apego a los reglamentos, rutinas y procedimientos, lo que hace que las normas y reglamentos se transformen en objetivos en sí mismos, volviéndose absolutos y prioritarios.
- Procedimientos demasiado rígidos.
- Exagerado formalismo y papeleo, que aumenta los trámites y formatos que entorpecen la agilidad de los procesos.
- Jerarquización rígida de la autoridad, que conduce al uso exagerado del poder.
- Resistencia al cambio.

### **3. Escuela conductista o de las relaciones humanas**

La escuela de las relaciones humanas surgió en Estados Unidos hacia 1930, influenciada por el enfoque conductista de la psicología y como respuesta a las fuertes represiones a las que se enfrentaba la clase trabajadora durante la Segunda Revolución Industrial. La discusión de estas condiciones llevó a los gobiernos a implementar regulaciones laborales y a permitir el fortalecimiento del sindicalismo. Además, aparecieron movimientos que buscaban generar una visión más humanista de la administración, que ocasionaron un gran cambio conceptual en las teorías administrativas. Algunos exponentes de

esta escuela fueron: Elton Mayo, principal exponente y responsable del experimento de Hawthorne, Mary Parker Follet y Kurt Lewin. De acuerdo con Chiavenato (2007, p. 88) las principales causas del surgimiento de esta escuela fueron:

- Los conceptos rígidos y mecanicistas de la escuela clásica que han sido objeto de fuertes críticas, debido a la percepción de que conducían a la maquinización del hombre. Las duras condiciones de la clase trabajadora generaron presiones para humanizar y democratizar la administración, de tal modo que se adecuara a los nuevos patrones de vida del pueblo estadounidense.
- El desarrollo de ciencias sociales como la psicología y la sociología, y sus primeros intentos de aplicación a la organización industrial.
- Las conclusiones del experimento de Hawthorne, llevado a cabo entre 1927 y 1932, que buscaban descubrir de manera sistemática los factores psicológicos, físicos y sociales que incidían en el comportamiento de los trabajadores en su entorno laboral.

### *Elton Mayo (1880-1949) y los estudios de Hawthorne*

Psicólogo y sociólogo industrial de origen australiano, considerado el precursor de la escuela de las relaciones humanas. A partir de los resultados del experimento de Hawthorne, realizó contribuciones que impactaron en disciplinas como la psicología, la sociología, la administración de empresas y la ingeniería industrial. Estos estudios fueron llevados a cabo en diferentes momentos y variando las condiciones de trabajo en la planta de Hawthorne de la compañía Western Electric en Chicago, entre 1924 y 1933, lo cual proporcionó un respaldo sólido a la escuela conductista.

En la primera fase del estudio, se llevó a cabo una investigación sobre la relación entre la cantidad de iluminación en el centro de trabajo y la productividad de los obreros. Se realizaron cambios deliberados en la iluminación, pero los resultados obtenidos fueron contradictorios, lo que llevó a la conclusión de que otros elementos influían en los resultados esperados. En la segunda fase del experimento, se alteraron variables para un grupo reducido de trabajadores, como el aumento de salarios, períodos de descanso de diferente duración y reducción de la jornada laboral. Sin embargo, se presentaron nuevamente resultados contradictorios frente a estos estímulos. Por otro lado, se detectaron

actitudes positivas frente a la supervisión menos rígida, lo que permitió mayor libertad y trabajar sin presiones. Estas condiciones repercutieron en el aumento de la producción, así como en el desarrollo del liderazgo y el cumplimiento de objetivos comunes.

Con base en lo anterior, la tercera fase del experimento se concentró en estudiar las relaciones humanas y comprender mejor las actitudes y sentimientos de los trabajadores, en lugar de mejorar las condiciones físicas de trabajo. Esto permitió a los investigadores concluir de que el bienestar en el trabajo y la preocupación por los trabajadores eran los aspectos que generaban mayor satisfacción en los empleados, un fenómeno que se conoció más adelante como el efecto de Hawthorne. Otra conclusión de los estudios, fue la influencia de los grupos informales de trabajo en la productividad. Se reconoció la influencia del entorno social en el cual los trabajadores se desempeñan, tanto a nivel interno como externo.

La experiencia de Hawthorne y la aparición de la teoría de las relaciones humanas dieron lugar a conclusiones sustanciales que condujeron a nuevos conceptos administrativos, de los cuales Chiavenato (2007, p. 92), señala que:

- A raíz de los experimentos y conclusiones de Hawthorne, inició la concepción de la fábrica como un sistema social donde, además de aspectos técnicos, existe una organización humana con individuos que tienen necesidades complejas y diferenciadas, así como actitudes propias y objetivos personales, que deben ser interpretadas y estimuladas para obtener una participación efectiva de las personas en la organización.
- Los antiguos conceptos clásicos de jerarquía, autoridad y departamentalización, pasaron a ser complementados con motivación, comunicación, liderazgo, organización informal, dinámica de grupo, etc. Lo anterior fue considerado por algunos autores como opuesto en muchos aspectos a la administración científica.
- Con el tiempo, esta teoría se reconoció más como complementaria y, al igual que las demás corrientes, fue duramente criticada por considerar que presentó una interpretación inadecuada y distorsionada de los problemas de las relaciones industriales. Específicamente, se cuestionó la comprensión del conflicto de intereses entre la organización y los empleados, así como la limitación del campo experimental y la parcialidad de las conclusiones. Se argumentó que la investigación no incluyó otras variables diferentes a los factores humanos.

### Mary-Parker Follet (1868-1933)

Destacó el valor de aplicar el método científico al estudio de las organizaciones y la necesidad de la participación de los trabajadores en la resolución de problemas. Al respecto enfatizó en: «sustituir la autoridad arbitraria por un liderazgo administrativo, capaz de conocer las relaciones humanas, aprender a cooperar y a controlar los recursos en bien del interés social general» (Martínez, 2012, p. 223). Sus ideas contrastaban con los planteamientos de Taylor. Basándose en sus observaciones, Follett llegó a la conclusión de que la coordinación, el liderazgo y el trabajo en equipo son fundamentales para una buena administración. Su contribución radicó en cuestionar la visión mecanicista de las teorías científicas y abrir la puerta a nuevas investigaciones en el campo de la administración.

## 4. Enfoques contemporáneos de la administración

Los enfoques contemporáneos de la administración surgieron a partir de la Segunda Guerra Mundial y constituyen, al igual que los aportes precedentes, uno de los pilares más importantes en el desarrollo del pensamiento administrativo moderno organizacional. De igual manera, tuvieron un impacto muy significativo en el desarrollo de la ingeniería industrial. Entre los enfoques contemporáneos más relevantes para la ingeniería, están la teoría de sistemas y la teoría matemática, que no se constituyen propiamente como escuelas de pensamiento, sino como enfoques o corrientes de diversos autores que tuvieron gran aplicación práctica en las empresas.

### *Teoría matemática o de investigación de operaciones*

Se conoce como investigación de operaciones a la corriente que parte de la utilización de las matemáticas y los modelos matemáticos. Esta disciplina, inicialmente desarrollada para operaciones militares, se extendió posteriormente al ámbito de decisiones administrativas y a la resolución de problemas empresariales.

### *Exponentes de la escuela matemática*

Dentro de los pensadores más destacados de esta escuela están Chester I. Barnard, Herbert Simon, Allen Newell y J.C. Shaw, quienes desarrollaron los primeros lenguajes de programación de computadores y el primer programa orientado a la resolución de problemas por medio de la inteligencia artificial. Posteriormente, desarrollaron el denominado GPS (*General Problems Solver*), un sistema orientado a la resolución de problemas de carácter general.

### *Orígenes de la teoría matemática*

De acuerdo con Chiavenato (2007, p. 382), los orígenes de la teoría matemática se fundamentan en la teoría de los juegos, desarrollada por Von Neumann y otros contribuyentes entre 1947 y 1954. Además, los estudios sobre el proceso de toma de decisiones de Herbert Simon dieron lugar a la teoría de las decisiones, que otorga importancia tanto a las decisiones cualitativas como a aquellas que pueden ser programables mediante métodos cuantitativos. Estos avances han permitido el desarrollo significativo de la teoría matemática, sumados al uso del computador para la realización de cálculos complejos requeridos en esta disciplina.

La teoría matemática experimentó un impulso significativo durante la Segunda Guerra Mundial con la utilización de la investigación de operaciones, cuando los estrategas militares formaron equipos de investigación de operaciones, compuestos por físicos, matemáticos y otros científicos para resolver problemas logísticos en defensa militar. Estos equipos emplearon modelos matemáticos apoyados por computadores.

Pese a que esta corriente tuvo sus inicios en los años cuarenta, solo a partir de 1954 se obtuvieron resultados concretos, debido a la introducción masiva de computadores en las empresas, lo que permitió la aplicación de modelos cuantitativos y de investigación de operaciones para resolver problemas complejos que eran difíciles de abordar con los métodos convencionales. En este sentido, el uso de modelos matemáticos y técnicas cuantitativas, como la programación lineal, la teoría de colas, la simulación, los pronósticos, los modelos de inventarios, el modelo de redes y el análisis del punto de equilibrio, orientados a la toma de decisiones, se convirtieron en una ruptura importante con los métodos empíricos.

### *Características generales*

La escuela matemática se caracteriza principalmente por utilizar el método científico; adoptar un enfoque sistemático para la solución de problemas administrativos; aplicar técnicas, modelos y procedimientos matemáticos y estadísticos, con lo que reduce el grado de incertidumbre en la toma de decisiones empresariales; usar el computador para procesar y analizar datos; y por mostrar interés por los aspectos técnico-económicos por encima de los psicosociales.

### *Limitaciones*

La teoría matemática, al igual que cualquier otra escuela, también presenta limitaciones. Una de ellas se refiere a la dificultad de incorporar todas las variables de un problema en un modelo matemático, especialmente debido a la amplitud y complejidad de los problemas empresariales. Esta dificultad se vuelve aún mayor a medida que los problemas se hacen más complejos, lo que dificulta su resolución a través de la investigación de operaciones.

### *Principales aplicaciones de la teoría matemática en la ingeniería industrial*

Las herramientas matemáticas y de investigación de operaciones más utilizadas por la ingeniería industrial son:

- Programación lineal: entendida como una técnica matemática para la solución de problemas empresariales complejos, en los que intervienen múltiples variables que deben ser analizadas para asignar y optimizar de la mejor manera los recursos escasos. Con lo anterior, se minimizan costos y se maximiza la eficiencia dentro de ciertos límites y restricciones.
- Teoría de colas: desarrollada por el matemático danés A. K. Erlang en el año 1909. Se enfoca en el estudio matemático del comportamiento de los tiempos de espera para recibir un servicio cuando no puede ser atendido inmediatamente, generando filas de espera. Este enfoque analiza el tiempo y la cantidad de personas que se acumulan en las filas, con el fin de equilibrar el costo del servicio y el costo de

espera en los clientes, para evitar que estos abandonen el servicio. Se utiliza igualmente para analizar los cuellos de botella en los procesos productivos, en llamadas telefónicas orientadas al servicio al cliente, en el tráfico, etc.

- Teoría de la probabilidad: es una herramienta matemática que calcula la ocurrencia aleatoria de hechos, bajo un conjunto de variables y reglas establecidas. Se utiliza en áreas como el control de calidad para la toma de decisiones, con lo que ayuda a conocer la probabilidad de éxito que tiene una alternativa considerada.
- Teoría de juegos: desarrollada por Johann von Neumann, quien propuso una formulación matemática para la estrategia y análisis de conflictos que se producen cuando intervienen dos o más personas. En este ejercicio se crean múltiples posiciones y alternativas de decisión que, a través del juego, combinan todos los cursos de acción posibles y predicen los resultados. Se aplica en el análisis de competencia en mercados competitivos por la disputa en clientes, los recursos financieros o por factores de producción.
- Programación dinámica: se utiliza para tomar decisiones programadas y estructuradas, en problemas en los que se requiere pasar por diversas etapas interrelacionadas que exigen una evaluación y decisión adecuada antes de tomar la decisión definitiva, sin perder de vista el objetivo final. Suele ser empleada en decisiones como la compra de un bien raíz, alquilar o construir inmuebles, alquilar o comprar una flota de camiones para la empresa, reparar o reemplazar una máquina, etc.
- Simulación por computador: permite anticiparse y conocer el impacto o resultado de un problema mediante la simulación de un problema o método en un programa de computadora.

Es posible afirmar que la ingeniería industrial sufrió grandes transformaciones a partir de los aportes de esta escuela y su aplicación en las empresas y organizaciones. Al respecto, destacan cuatro cambios: (1) la posibilidad de diagnosticar problemas en sistemas bien estructurados, de manera más analítica y objetiva a través de la automatización y la racionalización de decisiones; (2) la investigación de operaciones mediante modelos matemáticos con ecuaciones algebraicas; (3) la aplicación de la lógica matemática y el método científico para la solución de problemas empresariales; y (4) la simulación de situaciones reales y complejas mediante programas de computadora.

Los métodos cuantitativos para la optimización de operaciones como la teoría de la probabilidad, la programación dinámica, la teoría de colas y la teoría de juegos, son herramientas invaluables para la toma de decisiones de un ingeniero industrial y contribuyen a la disminución de los riesgos involucrados en todos los planes que afecten el futuro a corto o largo plazo.

## 5. Escuela de enfoque sistémico

La teoría general de sistemas, desarrollada por el biólogo y filósofo austriaco Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), sentó las bases para el surgimiento de la denominada escuela de enfoque sistémico de la administración (Chiavenato, 2007, p. 410). Von Bertalanffy comenzó a trabajar en 1924 en una teoría interdisciplinaria que buscaba superar los problemas de la fragmentación del conocimiento. En ciencias como la física, la química, la biología y otras ciencias naturales, la tendencia era dividir la realidad en partes mínimas para lograr mayor profundidad lo cual, según Bertalanffy (1989, p. 36), permitió un gran avance en los conocimientos. Sin embargo, también condujo al reduccionismo, que se basa en descomponer un hecho hasta llegar a unidades indivisibles.

En consecuencia, alrededor de 1940, Von Bertalanffy propuso una nueva disciplina científica, con la que buscó trascender los límites y problemas exclusivos de cada ciencia, de tal manera que sus descubrimientos pudieran ser utilizados por otras. La denominada teoría general de los sistemas (TGS) solo fue difundida en 1945 y en 1968 fue publicada como texto académico por parte de Bertalanffy.

La TGS fue definida como «una ciencia general de la totalidad [...]. Ha penetrado en muy diversos campos científicos y tecnológicos, en los que incluso se ha tornado indispensable». (Bertalanffy, 1989, p. 13). Bertalanffy, al comprobar que muchos principios generales y modelos también eran aplicables a todas las ciencias en diversos ámbitos del conocimiento, expresó que: «La naturaleza interdisciplinaria de los principios, conceptos y modelos aplicables a los sistemas brinda una posible vía para la unificación de las ciencias» (1989, p. 145). Además, el autor presenta esta teoría como «una nueva forma de pensar», pues permite observar y explicar al mundo real como un conjunto de elementos, fenómenos o hechos independientes o individuales pero interrelacionados, por lo que parte del principio de que los sistemas no pueden ser comprendidos

únicamente con el análisis separado de cada una de sus partes, imprimiéndole dinámica al sistema como un todo.

La TGS se ha convertido con el tiempo en un instrumento importante para los científicos, no solo de las ciencias naturales, sino también de las ciencias sociales. Por la forma holística de visualizar la empresa y facilitar la comprensión de su funcionamiento, se ha posicionado como una de las corrientes más representativas de la llamada escuela moderna de la administración. La TGS ha hecho aportes sobre la dinámica de sistemas y la dinámica industrial, que parten de modelos matemáticos y de modelos de simulación de sistemas.

Procedente de la TGS, Jay W. Forrester, ingeniero del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), desarrolló una nueva disciplina denominada como dinámica de sistemas, la cual estudia las características de realimentación de la información en la actividad industrial. Esta disciplina tiene el fin de demostrar cómo las políticas de la empresa y las demoras en la comunicación de las decisiones en la estabilidad de los sistemas influyen en la estructura organizacional (Forrester, 1981, p. 138-142). De igual manera, aplicó la dinámica de sistemas a la gestión empresarial y la denominó dinámica industrial, concibiéndola como una metodología de uso generalizado para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier clase de sistemas a través del tiempo. Con sus desarrollos ayudó a los gerentes en su toma cotidiana de decisiones (Forrester, 1981, p. 70-72).

### ***La organización como sistema abierto y social***

La TGS establece dos tipos de sistemas básicos para su análisis: cerrados y abiertos. Los sistemas cerrados no interactúan con su entorno o ambiente, mientras que los sistemas abiertos interactúan continuamente con su ambiente o entorno. A partir de 1950, se comenzó a considerar a las organizaciones como sistemas abiertos y sociales; sin embargo, las bases históricas del pensamiento sistémico aplicado a las organizaciones, según Kast, y Rosenzweig (1998, p. 114), se atribuyen a Mary Parker Follet. A través de sus escritos durante la época de los teóricos clásicos, Follet hizo diversos aportes al pensamiento sistémico.

Un sistema abierto se caracteriza por tener un intercambio permanente con el medio ambiente, del cual toma las entradas que provienen del medio y envía las salidas nuevamente a este. En contraste, los sistemas cerrados carecen de intercambio con el medio ambiente que los rodea. Al aplicar este concepto a las organizaciones, que son consideradas sistemas abiertos, se observa una interacción dinámica con el medio ambiente, que incluye clientes, competidores y proveedores. Estas organizaciones intercambian información y obtienen los recursos requeridos para su transformación, y devuelven al medio productos, servicios, información, etc. Además, reciben influencias del macroentorno que se convierten en oportunidades y amenazas para la organización. Como sistema social pertenecen a un supra-sistema mayor, por ejemplo, los sistemas socioeconómico, tecnológico y legal de un país, conformados a la vez por subsistemas y un conjunto de partes que constituyen un todo coherente que interactúa constantemente con su entorno.

Varios autores han establecido analogías entre la empresa y los organismos vivos al interpretarla como un sistema. Esta comparación se debe a que tanto las empresas como los organismos vivos experimentan crecimiento, desarrollo e intercambio de energía con su entorno. Asimismo, se compara el funcionamiento interno de la empresa con el del cuerpo humano, ya que ambas entidades cuentan con subsistemas que operan de manera interdependiente para alcanzar los objetivos generales. Por ejemplo, al igual que el cuerpo humano posee subsistemas como el circulatorio, óseo, respiratorio y nervioso, la empresa también cuenta con subsistemas que desempeñan funciones específicas dentro de la organización.

### *Principales aportes de la TGS a las organizaciones*

La aplicación de la TGS en las organizaciones ha demostrado su valor como una teoría que permite una visión holística de la empresa. También, se ha convertido en una valiosa teoría para explicar los fenómenos que ocurren en la realidad y es, por lo tanto, una de las corrientes más representativas de la escuela moderna de la administración. Derivado de la TGS surge el enfoque sistémico, el cual se centra en analizar la organización como un todo frente a cada una de las partes que la componen. Desde esta perspectiva, se pueden entender y evaluar los subsistemas y componentes, así como las interrelaciones entre ellos, las fortalezas y debilidades de cada uno y su contribución a la generación de

valor. Además, el enfoque sistémico ha sido utilizado como metodología para analizar y comprender mejor la naturaleza de los problemas complejos que debe resolver una empresa, al permitir el análisis independiente de cada subsistema y su impacto en el sistema total. Tanto la TGS como el enfoque sistémico han tenido gran aceptación en el estudio de la empresa y las organizaciones en general, lo cual se desarrolla con mayor profundidad en el capítulo siete.



## **Capítulo 3. Elementos conceptuales básicos**

## Introducción

«El ingeniero es el intérprete de la ciencia», una frase célebre que es atribuida a Carlos Marx y que se refiere a una de las profesiones que más protagonismo ha tenido en el desarrollo histórico de las sociedades en todos los tiempos. En el mismo sentido, Theodore Von Karman (Físico húngaro-estadounidense), resumió en una frase famosa la diferencia entre un científico y un ingeniero: «Los científicos estudian el mundo tal como es; los ingenieros crean el mundo que nunca ha sido» (NASA, 2022). El ingeniero requiere del conocimiento científico para poder descubrir elementos que, al ser aplicados, proporcionen soluciones nuevas y mejores a los problemas de los que se ocupa. Hacer esto no es otra cosa que producir desarrollo tecnológico, y este es el fin fundamental de la ingeniería.

Por otra parte, la ingeniería usa los conocimientos tecnológicos que fundamentan la profesión, que son esencialmente interdisciplinares y pragmáticos, y que están orientados hacia acciones concretas para la resolución de problemas complejos relacionados con el entorno físico. De igual manera, el ingeniero utiliza otros conocimientos derivados de su propia experiencia, o la de otros profesionales en los diversos campos, siempre que le sean de utilidad para poder resolver los problemas a los que se enfrenta.

De manera específica, la ingeniería industrial ha entendido que sus fundamentos se encuentran en las ciencias, especialmente en aquellas que le permiten interpretar y administrar el fenómeno productivo a nivel industrial que es su campo de acción específico. Por tanto, aunque no de manera excluyente pero sí de forma especial, resalta la participación e importancia de la física, la economía y las denominadas ciencias humanas, como las ciencias más relevantes en su formación y ejercicio.

Antes de adentrarnos en conceptos específicos de esta profesión, se expondrán de manera general algunos conceptos básicos, para comprender las relaciones entre la ciencia y tecnología como uno de los primeros objetivos de esta etapa.

## ¿Qué se entiende por conocimiento?

El conocimiento puede entenderse como «[un] conjunto de conceptos, herramientas y formulaciones resultantes de la experiencia del hombre en su relación con su entorno y de su búsqueda constante de explicaciones y soluciones» (Cárdenas y Montoya, 2012, p. 23). A partir de un enfoque epistemológico, diversos autores hacen la distinción entre dos tipos de conocimiento: el conocimiento explícito y el conocimiento tácito. Ambos fueron establecidos originalmente por Polanyi (1967), pero desarrollados por Nonaka y Takeuchi, (1999), citados por Barreto (2010, p. 25). Estos tipos de conocimiento se definen como:

Conocimiento explícito: «es aquel que puede expresarse con palabras y números, y puede transmitirse y compartirse fácilmente en forma de datos, fórmulas científicas, procedimientos o principios universales».

Conocimiento tácito: «este tipo es muy personal; tiene sus raíces en lo más profundo de las acciones y la experiencia individual, así como en los ideales, valores y emociones de cada persona. No es fácil plantearlo a través del lenguaje formal, por lo que resulta difícil transmitirlo y compartirlo con otro».

De lo anterior se deduce que el conocimiento explícito se presenta en todo lo divulgado, por ejemplo en un manual de procesos, una fórmula científica, una máquina, un software, etc. Por su parte, los conocimientos tácitos corresponden, por ejemplo, a las diferentes experiencias de los campesinos en la siembra y cosecha de cultivos.

De otra parte, a partir de la naturaleza del conocimiento y de su propósito, conviene hacer la distinción entre los conocimientos científico, tecnológico y técnico. Los conceptos propios de la ingeniería, en cualquiera de sus disciplinas, se mueven fundamentalmente en estos tres niveles de conocimiento. No siempre es clara la división entre estos y muchas veces se incurre en imprecisiones al utilizar las categorizaciones, por lo que en un numeral posterior se presentan algunos aportes teóricos que han intentado aclarar la diferenciación. Asimismo, por la relevancia que tienen los conceptos de ciencia, tecnología y técnica en la formación del ingeniero industrial, y por el extenso uso que se hace de estos a lo largo de este texto, es necesario delimitarlos y establecer diferencias entre ellos.

## Ciencia, tecnología y técnica

Tratar de definir la ciencia y la tecnología puede resultar arriesgado por el grado de complejidad que encierran los conceptos, teniendo en cuenta que diferentes corrientes filosóficas, sociológicas e históricas han realizado estudios sistemáticos sobre el tema y han definido algunas características de acuerdo con el campo del conocimiento. Aun con esto, no hay una diferenciación significativa, por lo cual en los siguientes apartes nos centraremos más en las características, que en la definición y en el proceso. Es decir, habrá énfasis en la práctica tecnológica y en la práctica científica.

### Ciencia

La palabra ciencia se deriva del sánscrito «sabiduría especial» y de su derivación latina, «conocimiento». De la investigación realizada por múltiples autores y desde diversos enfoques, Núñez señala que Kröber resumió el tema así:

[...] Entendemos la ciencia no sólo como un sistema de conceptos, proposiciones, teorías, hipótesis, etc., sino también, simultáneamente, como una forma específica de la actividad social dirigida a la producción, distribución y aplicación de los conocimientos acerca de las leyes objetivas de la naturaleza y la sociedad. Aún más, la ciencia se nos presenta como una institución social, como un sistema de organizaciones científicas, cuya estructura y desarrollo se encuentran estrechamente vinculados con la economía, la política, los fenómenos culturales, y las necesidades y posibilidades de la sociedad (1999, p. 37)

La mayoría de textos se refieren al concepto de ciencia como el conjunto de conocimientos adquiridos por el ser humano en su exploración del mundo, que han sido obtenidos mediante un proceso estructurado. Además, le atribuyen características como la objetividad, la verificabilidad, la universalidad, entre otras. La ciencia es impulsada por el conocimiento (*knowledge-driven*) que, entre otras cosas, es universal en tanto hace parte del patrimonio de la humanidad y está codificado, porque ha sido obtenido por métodos propios de cada ciencia y ha sido sistematizado, ordenado y puesto en consideración de las comunidades académicas.

El conocimiento, la explicación y la verificación son características propias de la ciencia. El conocimiento científico se ha dividido de manera general en dos grandes campos: las llamadas ciencias naturales y exactas, cuyo objetivo es el entendimiento del mundo físico, y las ciencias sociales o humanas, que pretenden estudiar al ser humano y a sus formas de relacionarse con su entorno y semejantes. En cualquiera de los casos, todas las ciencias se caracterizan por tener su objeto de estudio y un método propio que le confiere el carácter de científico, para obtener, explicar y validar su conocimiento. De otra parte, se habla de actividad científica para referirse al proceso que se realiza para abordar el objeto de estudio, con pasos como la observación, búsqueda y recopilación de información, diseño metodológico, análisis de información, etc. También comprende los métodos y medios orientados a la producción, divulgación y aplicación de conocimientos.

Las ciencias plantean o desarrollan sus conocimientos alrededor de un objetivo o pregunta central. Las respuestas que se obtienen en cada momento pueden ser diferentes y, generalmente, cada respuesta que la ciencia da a una nueva pregunta central complementa a otra realizada con antelación, de manera que se realizan precisiones y se perfecciona, de alguna manera, el conocimiento relacionado. Cada respuesta marca un hito en el desarrollo científico y, durante su vigencia, se convierte en una forma de ver la realidad y de comportarse ante ella. Los conocimientos centrales o respuestas de las ciencias a sus preguntas de investigación se denominan paradigmas.

En cuanto a las ciencias más relevantes para la formación y desarrollo de la ingeniería industrial mencionadas anteriormente (física, economía y las denominadas ciencias humanas), cada una tiene un objeto de estudio determinado. Por ejemplo, mientras que la física se ocupa del estudio y comprensión de las propiedades de los cuerpos y de las relaciones entre ellos, la economía es una ciencia social encargada de estudiar los fenómenos asociados con la producción, la asignación de recursos escasos y el consumo de bienes y servicios en la sociedad.

## Tecnología

La palabra tecnología procede de las palabras del griego *logos* y *techné*. La expresión *logos* puede ser entendida de diferentes maneras dependiendo del contexto donde se

use. Por lo general, se interpreta como «argumentación» o puede estar relacionada con «*pensamiento o razón*». También, puede ser usada como prefijo o sufijo adquiriendo la forma gramatical «*logía*», tal como aparece en campos como la geología, biología y tecnología. Al ser usada de esta manera, adopta el significado de estudio, tratado, ciencia o como el tratamiento sistemático de un arte u oficio. Entonces, al unir ambas expresiones de origen griego, se podría decir que la tecnología es el estudio de la técnica o la ciencia de la técnica.

La interpretación de estos dos vocablos ha llevado a varios escritores a referirse a la tecnología como la aplicación práctica de la ciencia, también la han asociado exclusivamente con el saber cómo (*Know-How*), y otros la han relacionado únicamente con un producto físico del conocimiento, representado en todo tipo de artefactos. No obstante, a lo largo del tiempo diversos autores han concebido la tecnología como algo más que un artefacto o técnicas y procesos, por lo que han combinado tres elementos importantes para su estructura: el conocimiento, la innovación y la realización técnica.

El Diccionario de la Real Academia Española define a la tecnología como el «conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico». De acuerdo con Layton, la Unesco señala que:

La tecnología entraña la aplicación del conocimiento para hacer cosas útiles o significativas. Expresa nuestra capacidad de emplear los recursos en beneficio de la humanidad. Por consiguiente, se trata de encontrar sistemas nuevos y mejores para resolver los problemas y satisfacer nuestras necesidades y comodidades (1993, p. 32)

Por su parte, Fleming citado por Acevedo-Díaz (1996, p. 16), considera que el conocimiento tecnológico se compone de: (1) conceptos científicos que deben adaptarse para ser aplicados a las necesidades y al contexto de cada desarrollo tecnológico; (2) problemáticas a estudiar para analizar los posibles impactos sociales, económicos, culturales y medioambientales que se generarían al transferir la tecnología a otros contextos; (3) cuerpo de conocimientos tecnológicos; y (4) *Know-how*, pericia o técnica, en las que se basan principalmente los conocimientos tácitos.

De otra parte, la complejidad del concepto de tecnología, también obedece a la triple naturaleza que encierra, ya que: (1) puede ser la respuesta a una necesidad o la solución

de un problema; (2) puede manifestarse como conocimiento, como acción o como objeto; y (3) sus aplicaciones también dan lugar a múltiples formas de tecnología como máquinas, procesos, software, obras civiles, etc.

Lo anterior hace que en un lenguaje común se reconozca a la tecnología como un producto físico, pero también como un producto blando, en el cual no tiene el carácter universal y libre que sí posee la ciencia, pues su aceptabilidad y posibilidad de desarrollo está limitada en el tiempo y en el espacio. Además, se relaciona con las limitantes culturales de la sociedad en la cual se genera o aplica. Con base en estos y en otros conceptos revisados, de manera simple, en este texto se definirá el concepto de tecnología como: el resultado de la aplicación sistemática de un conjunto de conocimientos y habilidades orientadas a crear, modificar o mejorar el entorno del ser humano, para satisfacer sus necesidades y resolver sus problemas. Como resultado de esta intervención se obtienen productos tangibles o intangibles, materiales, procesos, métodos, sistemas de producción, información, etc. para ser aplicados en un determinado contexto.

Las aclaraciones anteriores llevan a la conclusión de que la tecnología no puede considerarse simplemente como ciencia aplicada, ya que no se limita únicamente a tomar prestados conceptos de la ciencia para abordar necesidades humanas específicas y resolver problemas sociales importantes, sino que también contribuye a dar forma a dichos problemas. Es evidente que, aunque la tecnología no esté subordinada a la ciencia, existen interacciones profundas e intensas que caracterizan la relación entre ambas en la actualidad.

## Técnica

Se define como la manera de hacer las cosas y es el conocimiento referido al «saber hacer» que se concreta en una serie de pasos, procedimientos o protocolos que, generalmente, son recopilados sistemáticamente. Los protocolos son utilizados para realizar alguna actividad, como operar una máquina. También es una forma de conocimiento que, en múltiples ocasiones, proviene no solo de un conocimiento escrito y divulgado, sino también de la experiencia, de las costumbres y de la práctica cotidiana. Por ejemplo, un campesino sabe cómo y en qué época debe sembrar y cosechar, sin que necesariamente tenga presente el porqué.

La técnica se caracteriza por ser un conocimiento basado en la acción, a diferencia de otras formas de conocimiento mencionadas. Su utilidad está vinculada directamente a una tecnología específica, por lo tanto, solo se mantiene vigente mientras dicha tecnología lo sea. Por ejemplo, si una máquina se vuelve obsoleta, la técnica utilizada para operarla pierde validez, ya que la máquina en sí misma representa la tecnología. Si la máquina cambia debido a la introducción de una nueva tecnología, el trabajador deberá aprender de nuevo cómo operarla y realizar su mantenimiento.

Por lo anterior, las dinámicas actuales del desarrollo han mostrado un nuevo camino que no está orientado a la conservación del *Know How*, que fue la tendencia durante mucho tiempo y que en últimas se refería más a la elaboración de una memoria técnica, sino que corresponde al desarrollo de habilidades y capacidades que permitan el entendimiento y discernimiento de los principios científicos y de los desarrollos tecnológicos. En ese orden de ideas, la estructuración y reflexión acerca del *Know Why*, relacionado con la búsqueda de explicaciones y causalidades en el conocimiento mismo, pueden dar origen a una nueva aplicación tecnológica o técnica, generar nuevos usos y hacer una asimilación mucho más efectiva y real de la tecnología.

### **Tecno-ciencia**

Diferenciar las fronteras entre la ciencia y la tecnología se ha vuelto cada vez más complejo, debido a las interacciones y vínculos existentes entre ambas. Actualmente, las interacciones son cada vez más intensas debido a la orientación de la ciencia al desarrollo de soluciones prácticas y al fomento del desarrollo tecnológico, lo que ha llevado a reconocer el concepto de tecno-ciencia que, pese a ser un término poco generalizado, es muy útil para evitar esas diferenciaciones que son a veces inexistentes entre ciencia y tecnología.

## Síntesis: relaciones entre ciencia, tecnología y técnica

**Tabla 1.** Síntesis relaciones entre ciencia, tecnología y técnica

	Ciencia	Tecnología	Técnica
Concepto	Conjunto de principios, leyes, teorías y modelos que tienen como fin la comprensión de los fenómenos de la naturaleza y el ser humano.	Conjunto organizado de conocimientos y experiencias, que son aplicados para crear, modificar y mejorar el entorno del ser humano, y con ello satisfacer sus necesidades y resolver sus problemas.	Forma de conocimiento que muestra cómo hacer las cosas, y los métodos para conseguir los resultados.
Forma de conocimiento	Codificado, sistemático, organizado, universal, validado y verificable.	Codificado y no codificado. Se valida por su uso.	Codificado y no codificado. Depende de la tecnología.
Propósito o fin	Conocimiento de la verdad. Busca el porqué.	Satisfacer las necesidades y problemas del ser humano y su entorno.	Saber cómo se hace ( <i>know how</i> ).
Método	Método científico que permite verificación y comprobación.	Métodos variables, sistemáticos y organizados.	Secuencias de pasos.
Esencia	Causalidad y búsqueda del porqué.	Efectividad y comprensión del para qué.	Practicidad y definición del cómo.

Fuente: basado en Acevedo Díaz (1998).

## Conocimiento tecnológico vs. conocimiento científico

Es habitual encontrar diversos conceptos donde se interrelacionan los campos de la ciencia y la tecnología. Se sostiene que, a aun cuando tienen diferencias, estas no son decisivas debido a los vínculos cada vez más estrechos entre ambos dominios. Esta proximidad ha motivado a numerosos autores a profundizar en sus particularidades, centrándose principalmente en las actividades específicas que llevan a cabo los científicos, ingenieros y tecnólogos.

Layton (1993), autor de uno de los estudios más precisos sobre las relaciones y diferencias entre el conocimiento científico y tecnológico, señala que existe una distinción fundamental entre ambos. Según Layton, el conocimiento científico se basa en hipótesis y es esencialmente abstracto, mientras que el conocimiento tecnológico es concreto y práctico. Debido a su naturaleza concreta, el conocimiento tecnológico se relaciona estrechamente con un contexto cultural y socioeconómico específico. Esto implica que el conocimiento tecnológico está sujeto a un rango limitado de posibilidades y alternativas determinadas por las opciones sociales, económicas y culturales. Estas opciones reflejan las intenciones e ideologías de quienes diseñan las soluciones y toman decisiones en el ámbito tecnológico. En contraste, el conocimiento científico se desprende de contextos particulares, lo que le otorga un carácter universal.

La diferenciación expuesta por Layton, enfatiza en la intención o el propósito del conocimiento científico y la tecnología, según el cual el propósito del conocimiento científico es la comprensión de los fenómenos y las leyes de la naturaleza. La ciencia trata de conocer, y la tecnología de aplicar ese conocimiento. Para el científico la actividad central es la investigación, e investiga para ampliar sus conocimientos, entender el mundo que lo rodea y poder explicarlo. Por tanto, sus problemas son esencialmente abstractos. Por su parte, el propósito del conocimiento tecnológico es práctico, está orientado a solucionar problemas y necesidades existentes en el mundo físico, y busca hacer más eficiente el funcionamiento de las cosas. Kroes, citado en Cupani (2006, p. 2), expresa que:

La tecnología, al ser una actividad productiva, enfrenta problemas que no afectan al científico básico, como los relativos a la factibilidad, la confiabilidad y la eficiencia de los inventos, a la relación costo-beneficio etc., para los que la ciencia no ofrece soluciones listas

## Conocimientos propios de la ingeniería

La reflexión y comprensión de las bases científicas y tecnológicas que sustentan la ingeniería ha impulsado la indagación acerca de sus relaciones y diferencias, así como de la naturaleza del conocimiento tecnológico, profesional y científico. Edward Krick, en su libro *Fundamentos de ingeniería*, citado por Cárdenas y Montoya, ejemplifica las relaciones y diferencias en cuanto a los conocimientos requeridos por un científico y un ingeniero para un sistema de control:

Para los científicos de las áreas biológicas y sociales el interés de tal conocimiento radica en explicar los mecanismos de control existentes en la naturaleza. Para los ingenieros su objetivo es crear sistemas de control que satisfagan las necesidades de objetos, mecanismos o procedimientos creados con el hombre (2002, p. 13)

De igual manera Krick, citado por Cárdenas y Montoya, diferencia lo que debe aprender un estudiante acerca del funcionamiento de los transformadores en un curso de física y lo que debe saber el ingeniero para diseñarlos:

El estudiante aprende a determinar un resultado a través de datos como la tensión, el voltaje, la corriente, la bobina, etc. En comparación, el ingeniero tiene que determinar las características de la bobina, los datos de entrada y las condiciones de salida, para resolver un requerimiento específico denominado como problema (2002, p.13)

De lo anterior se deduce que:

Los ingenieros se consideran especialistas en la resolución de problemas; su principal función es vincular el saber científico con la sociedad, la producción y la economía, para resolver un problema específico que tiene enfrente en un momento dado, para lo cual investiga y acude a los más recientes progresos de ese saber existente o a su alcance, así como los desarrollos tecnológicos logrados sobre problemas similares, para ser aplicados al problema tratado; pero cuando estos no son satisfactorios o no abarcan el problema en cuestión, o no pueden ser adaptados, emplea el sentido común, el ingenio o cualquier otro medio, o combina todos los conocimientos que le permitan llegar a una solución (Cárdenas y Montoya, 2002, p. 13)

## Campo de aplicación de los conocimientos de ingeniería

Para la ingeniería el énfasis está en la creación, transformación y desarrollo de algo ya creado. Sus soluciones pueden abarcar desde un mejoramiento a lo existente, en busca de soluciones más eficientes, hasta el desarrollo de un producto completamente nuevo. Este proceso para el ingeniero no es solamente un problema de inspiración o de creatividad, es el resultado de la aplicación de métodos sistemáticos y rigurosos, en la búsqueda de alternativas de diseño y solución.

En forma más específica, la ingeniería diseña dispositivos, aparatos, máquinas, estructuras, procedimientos, sistemas de información, etc., para resolver problemas del entorno que nacen del reconocimiento de una necesidad o un deseo de mejorar algo. En cada problema que enfrenta, el ingeniero debe buscar condiciones de equilibrio entre todos sus factores: sociales, técnicos, económicos y ambientales, así como entre los costos de desarrollo, producción, distribución y utilización. Para este fin, debe tener interés especial en la exploración racional de las posibles consecuencias de su solución.

El ingeniero debe transformar el enunciado vago de un problema en un enunciado técnico del mismo, para lo cual emplea conocimientos científicos y tecnológicos, técnicas y criterios de optimización, y habilidades de reorganización de procesos. En el proceso descubre y explora varias alternativas que requieren consultas permanentes, observaciones de los hechos, recolección de datos, investigación sobre el medio en que operará la solución, entre otros. Además, necesita creatividad e ingenio para encontrar una solución única para el problema, teniendo en cuenta el contexto, límites, restricciones y condiciones de utilidad y economía.

Por lo anterior, la diferencia más significativa entre un ingeniero y un científico es su responsabilidad frente al diseño y ejecución de las soluciones, por lo que el concepto de diseño es inseparable del concepto de tecnología. En el diseño se crean nuevas soluciones y procesos que han sido planeados desde la teoría, incluso pueden realizarse prototipos físicos, simulados o digitales, que permiten concretar los detalles de su forma y función y detectar imperfecciones antes de su utilización e implementación, permitiendo a la sociedad disponer de nuevos productos, procesos, obras civiles y múltiples avances que le posibilitan un mejor nivel de vida.

Por tanto, el ingeniero necesita tanto del conocimiento teórico (el «saber») como del práctico (el «saber hacer»). Ambos son frutos de un conocimiento que se construye y se organiza de forma sistemática, no simplemente acumulándose, por lo que es crucial un reordenamiento y desarrollo armónico entre los distintos tipos de conocimientos que lo constituyen.





## **Capítulo 4. La ingeniería industrial en la práctica**

## Concepto de ingeniería industrial

Las múltiples definiciones que se encuentran sobre ingeniería industrial convergen en una de las primeras que fue ampliamente difundida y aceptada a lo largo del tiempo, elaborada por el *Institute of Industrial Engineers* (IIE), y citada en el *Manual de Maynard*, que define que:

[...]se ocupa del diseño, mejora e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipo y energía. Se basa en el conocimiento especializado y habilidades en las ciencias matemáticas, físicas y sociales junto con los principios y métodos de análisis de ingeniería y diseño, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtengan de tales sistemas (2010, p. 11)

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) en diferentes documentos parte de la definición clásica de la IIE, pero la formula en los siguientes términos:

El ingeniero industrial es aquel profesional que actúa en cualquier sistema formado por personas, materiales, recursos financieros y equipos, y que, aplicando la ciencia y la técnica, cambia el entorno en beneficio colectivo, con responsabilidad social (1996, p. 1)

La misma asociación en los *Lineamientos curriculares para la ingeniería industrial en Colombia* publicados en el 2020, teniendo en cuenta la evolución en el tiempo de la profesión, introdujo algunos elementos adicionales a la definición clásica en los siguientes términos:

Habría que decir también que el ingeniero industrial es aquel profesional cuya formación lo capacita para diseñar sistemas complejos y gestionar en forma eficiente los recursos dentro de una organización, abordando con capacidad analítica y creativa problemas diversos y complejos (ACOFI, 2020, p. 16)

Por su parte, el programa de Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional de Colombia, para definir la ingeniería industrial también se basa en los elementos considerados por el IIE, pero hace énfasis en el tipo de sistemas donde se aplican sus conocimientos, como los sistemas de producción industrial de bienes y servicios. En consecuencia, la define como:

La rama de la ingeniería encargada del diseño, planeación, instalación y mejoramiento de los sistemas socio-tecnológicos que integran hombres, energía, materiales, equipos, dinero e información para la producción industrial de bienes y servicios, que satisfagan las necesidades de la sociedad en el marco del desarrollo sustentable.

## Objeto de estudio

De las definiciones de ingeniería industrial que se abordaron anteriormente, se deriva que:

- Su objeto de estudio son los sistemas de producción de bienes y servicios, lo cual no solo abarca a las empresas manufactureras, sino también a cualquier sistema y su entorno, donde se generen productos tangibles o se presten servicios por medio de los factores y medios de producción (materiales, maquinaria, equipos, instalaciones fabriles, trabajadores, recursos económicos, energía, información, etc.).
- Su propósito, al igual que las demás ramas de la ingeniería, es la solución efectiva de problemas que, para el caso específico del ingeniero industrial, son inherentes a la búsqueda de la competitividad y productividad de las empresas, así como la optimización de los recursos que se emplean en dichos procesos, en el marco del desarrollo sustentable.
- Sus soluciones se concretan a través del diseño y mejoramiento de los sistemas o sus partes. Asimismo, incluye los procesos de la cadena de valor, para lo cual usa los conocimientos científicos, técnicos y tecnológicos, como también la práctica y creatividad para explorar e implementar en nuevas soluciones.
- En la solución de problemas, debe considerar todos los factores externos que tienen alguna influencia sobre el sistema productivo: normas y legislaciones, y factores sociales, económicos, ambientales, etc. También debe tener presentes las limitaciones, restricciones y oportunidades del entorno, de tal manera que las soluciones propuestas sean viables desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental.
- Las soluciones deben ser efectivas y procurar el mayor beneficio al menor costo posible, lo cual implica no solo el costo y beneficio económico, sino también el costo y beneficio social, ambiental e, incluso, político.

- El método seguido por el ingeniero industrial en la solución de problemas es sistemático. Para su ejecución requiere: (1) identificar necesidades y situaciones problemáticas; (2) analizar, entender y sintetizar las causas y efectos de la situación; (3) identificar los problemas y plantear alternativas para su solución; (4) efectuar la elección de una alternativa a implementar; y (5) aplicar medidas de seguimiento de los resultados.

## Campos de acción, competencias y conocimientos de un ingeniero industrial

### Campos de acción

Las funciones, actividades y campos de acción del ingeniero industrial pueden desarrollarse en empresas y organizaciones de diversa índole, tanto públicas como privadas, y manufactureras y de servicios. De ahí que Ferrel, presidente de la compañía Maynard, se refiriera al tema en los siguientes términos:

La ingeniería industrial, tal como se le conoce en la industria, comercio y gobiernos de todo el mundo, tal vez sea la más amplia de todas las funciones de la administración moderna [...]. La verdad es que la ingeniería industrial es como una gran sombrilla que incluye una amplia variedad de tareas establecidas con el propósito de diseñar, establecer y mantener los sistemas administrativos para una eficiente operación (2008, p. 3).

El ingeniero industrial puede desempeñarse en diferentes campos en los que está en capacidad de asumir múltiples actividades y funciones. Algunos de los campos son:

- El técnico y de gestión empresarial, como empleador, empleado o empresario.
- El investigativo y de creación de conocimiento.
- El de consultoría y asesoría.
- El académico.

## ***En el campo técnico y de gestión empresarial***

La formación general del ingeniero industrial ha favorecido su incorporación más allá de las empresas manufactureras, para incluirlo en otros sistemas de producción y prestación de servicios (financieros, de salud, educativos, comerciales, etc.), en los cuales puede actuar como empresario, empleador, empleado, asesor y consultor. También le es posible vincularse a organizaciones de cualquier índole y tamaño, empresas públicas y privadas, o del sector extractivo y agrícola. En general, está facultado para asumir funciones en cualquier empresa u organización en las que se requiera diseñar o mejorar los procesos con criterios de calidad, productividad y servicio al cliente.

Las principales funciones y actividades que puede desarrollar el ingeniero industrial, que se definen en diferentes planes de estudio de universidades en Colombia, particularmente en el plan de estudio de la Universidad Nacional, son:

- Diseñar, planear, mejorar, implementar y controlar el sistema productivo de la empresa y cada uno de los procesos que lo conforman.
- Determinar, planear, organizar y controlar los recursos requeridos para el proceso productivo (información, materiales, equipo, maquinaria, trabajadores, instalaciones y dinero), para encontrar un uso eficiente de los mismos.
- Analizar, diseñar y proponer mejoras en las áreas de gestión de las organizaciones (administrativa, mercadeo, producción y operaciones, y finanzas).
- Normalizar y estandarizar los métodos y procedimientos de trabajo para alcanzar mayor productividad.
- Determinar la localización, tamaño, diseño y distribución de los espacios de trabajo de una planta, con el fin de mejorar su productividad y condiciones ambientales.
- Diseñar e implementar programas para controlar y administrar la calidad.
- Desarrollar, adaptar e implementar nuevas tecnologías para aumentar la competitividad de las organizaciones.
- Gestionar la cadena de valor de la empresa: abastecimiento, fabricación, comercialización y servicio al cliente.

- Diseñar, evaluar y mejorar los sistemas de información basados en tecnologías de la información y las telecomunicaciones.
- Desarrollar programas de prevención de pérdidas que incluyan lo concerniente a seguridad, higiene y mantenimiento industrial.
- Evaluar y controlar los costos del proceso productivo para aumentar los beneficios con el menor costo posible.
- Gestionar la tecnología, lo cual implica evaluar y seleccionar equipos, y negociar con proveedores para encontrar los que ofrezcan mejores condiciones para el proceso productivo específico.
- Determinar la factibilidad técnico-económica y social de los proyectos, e implementar su montaje y puesta en marcha de forma interdisciplinaria.

### *En el campo investigativo*

La investigación cada vez adquiere mayor relevancia para la ingeniería industrial. Así, la innovación como factor de competitividad se ha convertido en un objetivo permanente de todas las empresas y, para ello, es necesario acudir a:

- Investigación orientada a la innovación en procesos, productos y servicios.
- Investigación sobre nuevos materiales y su aplicación.
- Estudios sobre competitividad y productividad industrial.
- Desarrollo de procesos eco-eficientes y modificación de procesos actuales hacia tecnologías más limpias.
- Determinación de impactos y evaluación ambiental de proyectos.
- Desarrollo de sistemas avanzados de calidad y sus aplicaciones en industrias.

## ***En el campo de la consultoría***

En materia de consultoría y asesoría, el ingeniero industrial está en capacidad de realizar proyectos en múltiples campos relacionados con su objeto de estudio y de asesorar a las empresas en el diseño y desarrollo de procesos. En general puede asesorar en el mejoramiento continuo de las organizaciones dentro de las áreas de su especialidad.

## **Competencias profesionales**

El término «competencia» ha sido introducido en el ámbito laboral con el propósito de definir los perfiles necesarios para desempeñar diferentes cargos, actividades o tareas. Se utiliza para describir los comportamientos individuales que reflejan habilidades, aptitudes, destrezas, dominio, entre otros aspectos relevantes. Sin embargo, el término también ha sido ampliamente desarrollado en el ámbito educativo con el fin de hacer referencia a la formación de los individuos y su rendimiento en distintas áreas del conocimiento.

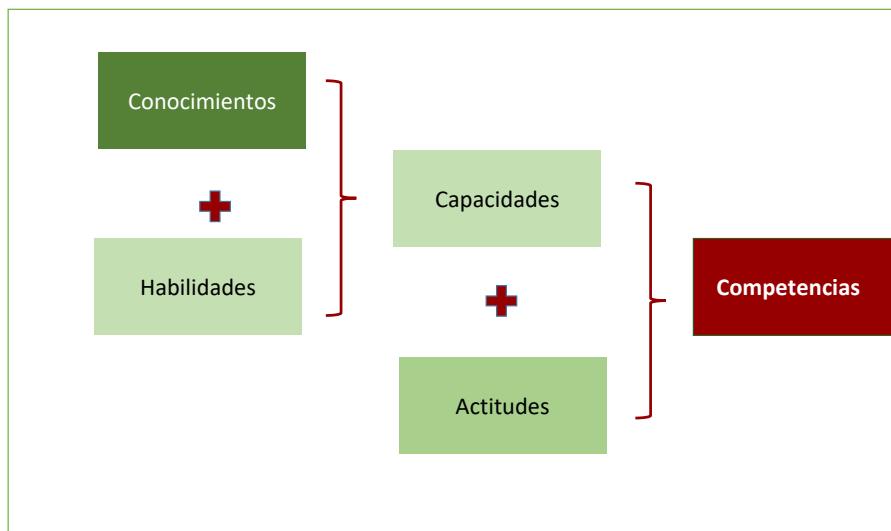
## ***El concepto de competencia en el contexto educativo***

En el contexto educativo se habla del desarrollo de competencias para referirse a los procesos mediante los cuales se proyecta formar a los individuos dentro de una profesión u oficio, de tal modo que estén en capacidad de realizar múltiples acciones, resolver problemas y desempeñarse en diferentes ámbitos de su vida y en contextos cambiantes. Para tal fin, se requiere una combinación armónica entre los conocimientos de los diferentes campos teóricos, (el saber, comprender y conocer), la capacidad para aplicar dichos conocimientos (el hacer y saber cómo actuar) y saber ser y actuar, con base en los valores y comportamientos propios. De acuerdo con González M. y González T., el concepto de competencia en la formación profesional se ha convertido en un fenómeno complejo, pues va más allá de:

[...] formar un profesional competente con los conocimientos y habilidades que le posibilitan desempeñarse con éxito en una profesión específica [...], para incorporar nuevas competencias relacionadas con el comportamiento y actitudes personales, como iniciativa, flexibilidad y autonomía, en escenarios heterogéneos y diversos, a partir de la integración

de conocimientos, habilidades, motivos y valores que se expresan en un desempeño profesional eficiente, ético y de compromiso social (2008, p. 184).

De lo anterior se desprende un renovado concepto de competencia, que incluye tres dimensiones: saber y conocer, hacer y el ser, como se muestra en la figura 5.



**Figura 5.** Concepto de competencia

- El conocimiento o «saber» integra numerosas facetas interrelacionadas que permiten al individuo comprender, aprender, interpretar, argumentar, analizar y más. Esto requiere tanto de conocimientos generales como específicos.
- El «saber hacer» se refiere al desarrollo de habilidades, aptitudes y destrezas que permiten la aplicación efectiva de conocimientos y la realización de diversas acciones.
- El «saber ser» se refiere a los comportamientos, actitudes y valores personales. Unido a las habilidades desarrolladas, este aspecto puede hacer que un individuo sea o no idóneo para un desempeño profesional, laboral, educativo o social. Esta dimensión puede representar una diferencia significativa de un individuo a otro.

A partir de estos tres elementos, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) define la competencia laboral como la «Capacidad de articular y movilizar condiciones intelectuales y emocionales en términos de conocimientos, habilidades, actitudes y prácticas, necesarias para el desempeño de una función o actividad, de manera eficiente, eficaz y creativa, conforme a la naturaleza del trabajo» (Vargas Zúñiga, 2004, p. 14). De

ahí que la formación integral de un individuo necesariamente tiene que orientarse al saber, al hacer y al ser.

## Competencias genéricas y específicas del ingeniero industrial

La Unesco (2008, p. 10), en el marco de la Conferencia Mundial sobre Educación Superior para el siglo XXI, realizada en 2008, definió algunas competencias que requieren en general los profesionales y que tienen aplicación en el contexto actual. En consecuencia, se espera que los profesionales:

- Sean flexibles y capaces de contribuir a la innovación y la creatividad, y que estén dispuestos a ello.
- Sean capaces de hacer frente a las incertidumbres, para lo que se espera que estén interesados en el aprendizaje durante toda la vida.
- Hayan adquirido sensibilidad social y capacidades de comunicación.
- Sean capaces de trabajar en equipo y que estén dispuestos a asumir responsabilidades animados por un espíritu de empresa.
- Se preparen para la internacionalización del mercado laboral mediante la comprensión de diversas culturas.
- Sean polifacéticos en capacidades genéricas que atraviesen diferentes disciplinas y que tengan nociones de campos de conocimientos que constituyan la base de diversas capacidades profesionales.

Con el mismo propósito, el Proyecto Tunning (Abet, 2007), que surgió con el propósito de lograr algunas convergencias en torno a la educación superior con la participación de 151 universidades europeas, definió las competencias genéricas y específicas requeridas para diversas profesiones. Años más tarde, el proyecto se replicó en 62 instituciones de educación superior de los 18 países latinoamericanos, en lo que se conoció como el Tunning América Latina, que es considerado como uno de los estudios más representativos sobre el tema, por lo cual también se toma como referencia para definir las competencias que debe desarrollar un ingeniero.

En este marco las competencias se dividieron en dos tipos: competencias genéricas, y competencias específicas o técnicas. Las competencias genéricas pueden ser instrumentales, interpersonales y sistémicas, e identifican los elementos comunes o transversales a la mayoría de profesiones. Por su parte, las específicas se refieren a los conocimientos y habilidades propios de cada área del conocimiento, relacionadas con los conocimientos técnicos y especializados.

### *Competencias genéricas*

Durante el Proyecto Tuning se consultó a varios directivos universitarios, expertos, profesores, estudiantes y profesionales de doce áreas de estudio. En el proceso se identificaron veintisiete competencias comunes a la mayoría de profesiones y, a continuación, se presentan las más relevantes para la ingeniería industrial.

#### *Capacidad creativa*

Entendida como la capacidad de buscar ideas nuevas y aplicarlas a las diferentes situaciones a las que el profesional se enfrenta, en tanto posibilita ver los hechos desde varias perspectivas. El ingeniero debe ser creativo dentro de los límites impuestos por las leyes físicas o por el contexto donde ejerza. Esta competencia se complementa con otras, como la búsqueda de información, resolución de problemas, capacidad de análisis y de síntesis, flexibilidad, amplitud perceptual y el rigor científico.

#### *Iniciativa y recursividad*

Es la predisposición para emprender acciones, proponer soluciones o generar proyectos por cuenta propia. Implica perseguir los objetivos más allá de lo que se requiere o se espera, sacar el máximo provecho de toda situación y emplear los recursos disponibles para formular planes y contingencias.

### *Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas*

Hace referencia a los conocimientos, técnicas y herramientas necesarios para identificar y abordar problemas complejos y poco estructurados. Esto implica analizarlos y proponer soluciones adecuadas según las necesidades del entorno, teniendo en cuenta el impacto humano, social, medioambiental, así como los aspectos económicos de costo y beneficio. Todo se realiza con responsabilidad ética y profesional.

### *Capacidad de investigación*

Permite indagar, profundizar y responder una pregunta, con el fin de ampliar el conocimiento, resolver un problema o encontrar sus causas. La habilidad investigadora integra otras habilidades como la capacidad de procesar información, interpretar datos, buscar información, entre otras.

### *Capacidad para la toma de decisiones*

Demandó evaluar diversas alternativas y elegir la mejor, para lo cual requiere analizar, buscar e interpretar información relevante. Además, implica dominar conocimientos del área en evaluación, identificar y analizar los problemas, tomar riesgos calculados y demostrar asertividad.

### *Trabajo en equipo y liderazgo*

Es la facultad de convocar a los miembros de un equipo en torno a un propósito común, de tal modo que en conjunto se alcancen los objetivos y metas propuestos. En el proceso es importante mantener relaciones armónicas, e integrar otras competencias relacionadas con el ser. Tal es el caso de la responsabilidad, el compromiso, las relaciones interpersonales, la comunicación asertiva, entre otras.

### *Pensamiento crítico*

Es la capacidad de asumir una actitud reflexiva, crítica y autocrítica frente a hechos y situaciones que se presentan en diferentes contextos de la acción humana. Permite contar con las habilidades para orientar la acción de manera positiva en los momentos que se requiera, para lo que es necesario contar con capacidad de análisis, argumentación, manejo de información y asumir posiciones responsables.

### *Competencia comunicativa*

Permite la comunicación efectiva, coherente y comprensible, bien sea verbal, escrita o visual, para expresar y transmitir pensamientos, ideas o proyectos. Además, se complementa con la capacidad de escuchar al otro e interpretar adecuadamente sus mensajes. Existen otras competencias relacionadas con la comunicación, como la asertividad y la empatía.

### *Competencia para la negociación*

La capacidad de negociación es entendida como la disposición de escuchar las ideas, propuestas y argumentos de los diferentes participantes en una discusión o proceso de toma de decisiones, con el ánimo de conciliar y resolver diferencias para llegar a acuerdos consensuados.

### *Competencias transversales*

Cada una de las competencias relacionadas, requiere de capacidades y habilidades de carácter transversal.

### *Capacidades analíticas, de abstracción y de síntesis*

Son indispensables para todos los profesionales, especialmente para los ingenieros, porque ayudan a interpretar hechos de la realidad, estudiar problemas, descomponer las

partes del problema, analizar las variables determinantes del problema para entenderlo, descubrir causas de un mal funcionamiento e integrar todos los elementos que intervienen para darles solución.

### *Habilidades para buscar, procesar y analizar información*

Los ingenieros requieren información para solucionar los problemas, para lo cual deben tener la capacidad de seleccionarla, organizarla, interpretar los datos, verificar su consistencia y pertinencia, y evaluar su imparcialidad. Para dar respuesta a los diferentes requerimientos es necesario que el profesional esté en capacidad de procesar, analizar y sintetizar dicha información.

### *Compromiso ético*

Dado que la responsabilidad que asumen los ingenieros en el desarrollo de sus actividades profesionales es elevada, es necesario un alto nivel de compromiso para evaluar responsablemente los impactos de sus desarrollos y propuestas, además de la capacidad de medir los riesgos que sus acciones pueden tener sobre los seres humanos, la sociedad y el ecosistema. También, el profesional debe estar en capacidad de seleccionar las mejores alternativas para contribuir al desarrollo sostenible.

### *Competencias específicas*

Además de las competencias genéricas que debe tener todo profesional, el ingeniero industrial debe desarrollar un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y valores específicos que garanticen su desempeño calificado. A este conjunto de características particulares se le conoce como competencias específicas. La información para definirlas ha sido recaudada en la revisión de los perfiles de mayor relevancia definidos por diversas universidades, nacionales y extranjeras. Algunas de las competencias específicas de los ingenieros industriales son:

1. Capacidad para diseñar, desarrollar, dirigir, asesorar, mejorar y mantener empresas industriales y de servicios, con el fin de encontrar su sostenibilidad y competitividad con responsabilidad social y ambiental.
2. Capacidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería de forma efectiva, por medio de conocimientos en diversas áreas y con las metodologías adecuadas.
3. Habilidad para diseñar productos, sistemas, procesos y, en general, todo tipo de soluciones en su campo de estudio, que satisfagan necesidades específicas en un contexto dado, teniendo en cuenta los impactos de sus soluciones.
4. Capacidad de gestión, entendida como la habilidad para organizar, planificar, controlar e implementar las actividades y procesos a su cargo, y a cargo de los equipos que coordine, en función del cumplimiento de los objetivos.
5. Capacidad para formular y gestionar proyectos, lo cual implica proponer, planificar, programar, coordinar y controlar los resultados, así como presupuestar y gestionar los recursos requeridos para su ejecución.
6. Capacidad para diseñar nuevos procesos y mejorar los existentes, con el fin de lograr mayor productividad, calidad y cumplimiento de objetivos.
7. Capacidad para identificar, evaluar, negociar e implementar las tecnologías que se adapten a las necesidades específicas de un contexto dado, y evaluar sus riesgos e impactos.
8. Capacidad de adaptación al cambio, en función de nuevas circunstancias, retos o cambios del entorno interno y externo.
9. Capacidad para gestionar, adquirir y aplicar nuevos conocimientos.

### ***Otros componentes importantes en la formación del ingeniero***

Además de las competencias relacionadas, Marín, García, Perelló y Canos (2009) enfatizan en las competencias que debe desarrollar un ingeniero para resolver problemas a través de sus conocimientos científicos. Estas son:

- Bases científicas sólidas, especialmente de ciencias naturales y exactas como las matemáticas, física, química y estadística.
- Dominio de un lenguaje técnico para entender los sistemas complejos y comunicarse con otros profesionales de la ingeniería.
- Conocimientos sólidos en el uso del lenguaje matemático, el análisis numérico y los métodos de cálculo numérico, así como en álgebra lineal y sus aplicaciones en la gestión de empresas y operaciones. Especialmente, es importante dominar los métodos cuantitativos y de investigación operativa en estos contextos.
- Conocimientos y capacidades para realizar mediciones, cálculos, valoraciones, presupuestos, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos, que permitan analizar e interpretar la información.





## **Capítulo 5. Conceptos básicos de organización, empresa e industria**

## Organización

El concepto de organización en un contexto administrativo se circunscribe a dos significados: uno referido a la organización como entidad y otro como la acción de organizar. Según la Real Academia Española de la Lengua (RAE), la organización puede tener dos acepciones: «Asociación de personas regulada por un conjunto de normas en función de determinados fines» o como «Acción y efecto de organizar u organizarse» (2014). Ambas definiciones implican precisar funciones y actividades para alcanzar finalidades y objetivos, que se convierten en la razón de ser de las organizaciones.

Johansen, (2004, p. 11), Chiavenato (2007, p. 72), entre otros autores, también hacen la distinción entre la organización como entidad social y como acción. Se refieren a la organización como entidad social, cuando se conforma por personas con el fin de alcanzar objetivos específicos. De ahí que todas las empresas se constituyen como organizaciones sociales. Por otro lado, la organización como acción, la definen como «el acto de organizar, integrar y destinar los recursos y definir los órganos encargados de la administración, y fijar sus atribuciones e interrelaciones» (Chiavenato, 2007, p. 139).

Igualmente, Johansen hace referencia a la función de administrar, la atribuye a la persona que administra y la define como «La función del administrador es, justamente, dirigir [la organización] y conducirla hacia el logro de los objetivos en forma eficaz y eficiente de acuerdo con los recursos materiales y humanos y la información que posee» (2004, p. 12).

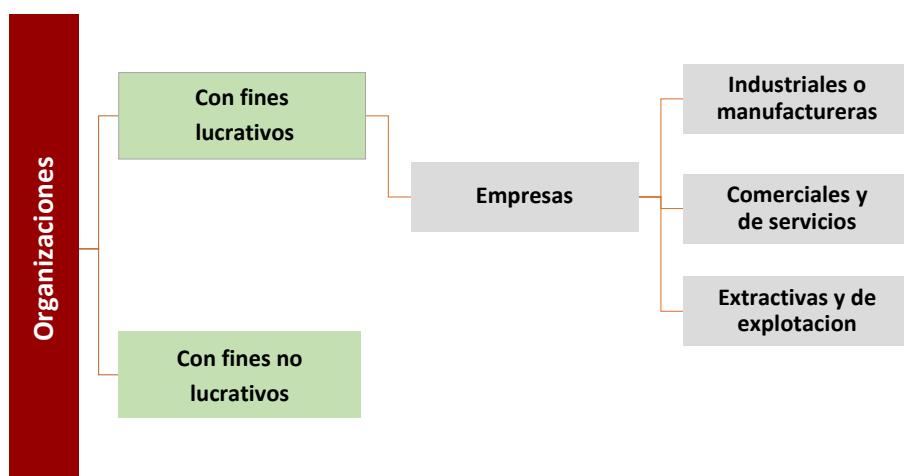
## Tipos de organización

Existen múltiples formas de clasificar las organizaciones, pero la más general se refiere al propósito fundamental o a la racionalidad económica, por las cuales se crean. Así, se distinguen dos tipos:

Organizaciones con fines de lucro: entidades en las que una de sus principales finalidades es generar ingresos y obtener utilidades y beneficios, que son distribuidos entre los propietarios e inversionistas. Las empresas hacen parte de este tipo de organizaciones.

Organizaciones sin fines de lucro: entidades cuyos fines son de carácter social, filantrópico, religioso, humanitario, etc., denominadas generalmente como organizaciones no gubernamentales (ONG). Dentro de estas se encuentran las asociaciones, fundaciones o corporaciones, que operan sin que el beneficio económico sea la razón de su creación. En Colombia se les conoce jurídicamente como entidades sin ánimo de lucro (ESAL).

En conclusión, el término organización corresponde a empresas manufactureras, agropecuarias, comerciales, organizaciones gubernamentales, hospitales, universidades o cualquier otro tipo de organización con o sin ánimo de lucro. Sin embargo, no todas están constituidas como empresas, pues dentro de tal categoría solo se agrupan las organizaciones que tienen fines de lucro. Entonces, las empresas son un tipo de organización y las industrias un tipo de empresa (ver figura 6).



**Figura 6.** Clasificación de las organizaciones

Es importante destacar que en este texto, el término «organización» se utiliza principalmente en referencia a la empresa, ya que se centra principalmente en el contexto de la ingeniería industrial. No obstante, dado que la mayoría de los conceptos y prácticas que se estudian se aplican tanto a organizaciones con fines de lucro como a organizaciones sin fines de lucro, se emplea el término «empresa» de manera genérica a lo largo del texto. Desde otro punto de vista, las organizaciones también pueden clasificarse según el grado de formalidad o informalidad con el que se establecen, es decir, según si tienen o no estructuras definidas para operar y tomar decisiones. Desde esta perspectiva, se dividen en organizaciones formales o racionales y organizaciones informales.

## *Organizaciones formales o racionales*

Son precisadas por Chiavenato como las «[entidades] que están claramente definidas y constituidas como una estructura de órganos, cargos, relaciones funcionales, niveles jerárquicos, etc.» (2007, p. 112). También se caracterizan por tener normas y reglamentos, canales de comunicación debidamente establecidos y procedimientos claramente definidos, lo que permite su funcionamiento.

De los múltiples conceptos y teorías desarrolladas en torno al tema, destacan cinco características definidas por Kast y Rosenzweig (1998, p. 221), para diferenciar la organización formal de otras instituciones o agrupaciones sociales. En este orden de ideas:

- Están conformadas por individuos o grupos interrelacionados.
- Se crean para el cumplimiento de objetivos o fines que guían las actividades y procesos organizacionales.
- Cuentan con división del trabajo y diferenciación de funciones entre los miembros de la organización.
- Requieren de buena coordinación entre los miembros para cumplir los objetivos de la organización.
- Poseen continuidad a través del tiempo, lo cual hace que la organización mantenga cierta identidad.

## *Organizaciones informales*

Se componen de personas que se agrupan de manera espontánea al margen de la estructura formal de la organización. Estos grupos se originan a partir de relaciones que se establecen dentro del entorno laboral, así como por intereses comunes, afinidades, prácticas deportivas u otras actividades colectivas que no están directamente relacionadas con los objetivos específicos de la empresa. A pesar de esto, es importante tener en cuenta las organizaciones informales, ya que ejercen diversas influencias en el funcionamiento adecuado de la organización.

## Empresa

En la realidad empresarial se entrelazan aspectos técnicos, económicos, jurídicos, sociales y psicológicos, lo que ha llevado a que la empresa sea objeto de estudio desde diferentes disciplinas y tenga múltiples dimensiones conceptuales. En este libro el enfoque será en el estudio desde la dimensión técnico-económica, la cual también presenta diversas definiciones. La Real Academia Española define a la empresa como una «unidad de organización dedicada a actividades industriales, mercantiles o de prestación de servicios con fines lucrativos» (2014). Por su parte, el Código de Comercio colombiano, en su artículo 25, la reconoce como «toda actividad económica organizada para la producción, transformación, circulación, administración o custodia de bienes, o para la prestación de servicios» (Presidencia de la República de Colombia, 1971).

Las múltiples definiciones de la empresa confluyen en dos elementos comunes. El primero, está relacionado con su objeto social, es decir, la finalidad para la cual se crea, como la producción de bienes y la prestación de servicios para satisfacer las necesidades de la sociedad. El segundo elemento está relacionado con sus fines económicos, o el ánimo de lucro, lo que la diferencia de los demás tipos de organizaciones. De acuerdo con lo anterior, en este texto se reconocerá como una unidad de transformación de bienes y servicios para la satisfacción de las necesidades de la sociedad, y como una organización orientada a la creación de valor.

## Industria

A partir de las definiciones aportadas por la Real Academia Española de la Lengua (2014), el término industria tiene tres acepciones: (1) «Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales»; (2). «Instalación destinada a estas operaciones»; (3) «Suma o conjunto de las industrias de un mismo o de varios géneros, de todo un país o de parte de él». Dentro de esta última, para referirse al grupo de fábricas dedicadas a la producción de bienes y servicios similares, se incluye a las industrias de alimentos, siderúrgica, de la confección, etc.

Por su parte, el Código Industrial Internacional Uniforme (CIIU), versión 4.0, define la industria como conjunto de empresas que «desarrollan actividades que se dedican a la transformación física y química de materiales, sustancias o componentes en productos nuevos, ya sea que el trabajo se efectúe a máquina o a mano» (DANE, 2020).

## Aspectos generales referidos a la empresa

### *Componentes de la empresa*

Para la producción de bienes y servicios, y el cumplimiento de sus objetivos, las empresas se conforman por:

- El grupo de personas que hacen parte de la empresa, como los trabajadores, directivos, propietarios o accionistas, quienes representan el capital humano y el capital social de la misma.
- La organización o conjunto de relaciones de coordinación y de comunicación, tanto internas como externas.
- El entorno cercano a la empresa, compuesto por clientes, consumidores, distribuidores, competidores y proveedores.
- El macroentorno que influye en la empresa, como instituciones, organismos, leyes y normas, así como los factores económicos, políticos, sociales, ambientales y tecnológicos.
- Los recursos financieros y de capital requeridos para el desarrollo de su actividad y sostenimiento.
- Recursos físicos como las materias primas, materiales, insumos y componentes, así como la maquinaria, equipo, instalaciones, y recursos tecnológicos y del conocimiento.

## ***Objetivos de la empresa***

Toda organización o empresa se crea con un propósito específico y común que se convierte en la razón para emprender una acción. Para lograr dicho propósito, las organizaciones deben definir los logros, objetivos o resultados que desean alcanzar en un tiempo determinado, los cuales orientan el plan de acción. Según Hodge (1998), citado en Zalazar (2020, p. 14), los objetivos deben cumplir tres funciones: (1) establecer el estado deseado que la organización intenta alcanzar, por lo que constituyen principios generales que han de ser seguidos por los miembros de la organización; (2) proporcionar una lógica o razón fundamental para la existencia de la organización; y (3) proporcionar un conjunto de estándares para evaluar el rendimiento organizativo.

### ***Atributos que deben cumplir los objetivos***

Los objetivos deben expresarse en términos concretos, claros, alcanzables y medibles frente a los resultados esperados, para lo cual deben responder a cuatro atributos: (1) el enunciado del objetivo en sí, o atributo; (2) la unidad de medida; (3) el umbral o meta cuantitativa a alcanzar; y (4) el horizonte temporal o plazo de consecución efectiva. Por ejemplo: crecer en el mercado colombiano, alcanzando una participación del 30 % en el sector en un plazo de cinco años.

Los objetivos generales pueden ser enunciados únicamente haciendo referencia al atributo. Por ejemplo, «aumentar las ventas», caso en el cual los objetivos específicos o metas, deben formularse con un umbral y un horizonte temporal, de tal manera que en conjunto permitan alcanzar el objetivo general, evaluar su avance y controlar su cumplimiento. Para Zalazar, «Mientras los objetivos admiten un doble carácter cualitativo y cuantitativo, las metas son estrictamente cuantitativas» (2020, p. 17). Algunos ejemplos correctos de formulación de metas son:

- Incrementar los beneficios de la empresa en un 8 % en el próximo año.
- Ampliar la cobertura del mercado en un 20 %, con ventas en los departamentos del eje cafetero en los próximos dos años.

## *Tipos de objetivos*

Los objetivos formulados por las empresas pueden ser de diversa índole, dependiendo de la naturaleza, jerarquía y alcance en el tiempo.

1. Por su naturaleza, los objetivos se clasifican en:
  - a. Objetivos generales: son de carácter global, por medio de los cuales se define lo que la organización espera alcanzar y definen el resultado final esperado. Algunos ejemplos de objetivos generales son:
    - Exportar los productos de la empresa a países latinoamericanos.
    - Ser la empresa líder del mercado de partes para vehículos.
    - Aumentar la participación de la empresa en el mercado de electrodomésticos en Colombia.
  - b. Objetivos específicos: son objetivos intermedios, que generalmente se desprenden o desagregan del objetivo general y requieren ser alcanzados para lograr el resultado general esperado. Cuando se formulan para una empresa, se expresan en términos concretos y en lo posible de forma cuantitativa. Son también denominados metas. Algunos ejemplos de objetivos específicos son:
    - Aumentar en 30 % las ventas a través de canales digitales.
    - Incrementar las utilidades de la empresa en un 10 % anual.
    - Elevar la participación de la empresa en el mercado, pasando del 5 % al 10 % en el segundo año de funcionamiento.
2. Con referencia a la jerarquía o importancia, los objetivos se clasifican en:
  - a. Objetivos estratégicos: se formulan desde los niveles jerárquicos superiores de la empresa, orientados a definir el rumbo de la empresa en un mediano o largo plazo. También son conocidos como objetivos corporativos y son formulados como un

todo. Cada objetivo estratégico requiere ser soportado por objetivos de menor jerarquía, como son los tácticos o funcionales.

- b. Objetivos tácticos o funcionales: abarcan un determinado sector o área funcional de la empresa, generalmente son formulados por los niveles intermedios de la empresa y suelen ser de mediano plazo. Se establecen de acuerdo con los objetivos estratégicos, de tal manera que las diferentes áreas funcionales de la empresa deben formular objetivos tácticos u operacionales para la consecución de los objetivos estratégicos.
  - c. Objetivos operacionales: se formulan para las diferentes áreas funcionales de la empresa, como mercadeo, financiera, administrativa, de operaciones, etc. Deben estar alineados con los objetivos estratégicos y suelen ser formulados por los jefes de áreas y, generalmente, para períodos de tiempo más cortos.
3. De acuerdo al horizonte temporal

Los objetivos pueden formularse a largo, mediano y corto plazo y su alcance depende de cada tipo de empresa o proyecto y de los logros o resultados que se formulen. Cuando se trata de objetivos estratégicos, por lo general, se formulan con un plazo más prolongado, los tácticos o funcionales a mediano plazo, y los operativos a corto plazo.

## Clasificación empresarial

Para facilitar el estudio y evaluación de la actividad productiva industrial, y de las empresas en general, se han establecido diferentes parámetros y formas de clasificación, de los cuales han surgido diversas taxonomías. Dentro de estas se encuentran las de la figura 7, que son las que comúnmente más se utilizan:



**Figura 7.** Formas de clasificar la empresa

### **1. Por su tamaño**

Las empresas pueden clasificarse, según su tamaño, en grandes, medianas, pequeñas y micro industrias. El tamaño puede referirse al número de personas ocupadas o al capital invertido en activos de la entidad, o a ambos criterios, los cuales pueden variar de país a país. Debido a los cambios que se pueden producir en el tiempo, tanto en el número de empleados (automatización de procesos o crisis laborales), como en sus activos por la desvalorización de la moneda, lo más recomendable es utilizar una combinación de tales indicadores y actualizarlos para los efectos pertinentes. En Colombia se utilizan uno o varios de los siguientes criterios: número de trabajadores totales, valor de ventas brutas anuales y valor de activos totales.

De acuerdo con el número de empleados, las empresas se consideran:

- Gran empresa: con más de 251 personas empleadas.
- Mediana empresa: entre 51 y 250 empleados.
- Pequeña empresa: entre 10 y 50 personas ocupadas.
- Micro empresa: no tiene más de 10 empleados por unidad productiva.

### *Pequeñas y medianas empresas (pymes)*

Dado que la mayor parte de las empresas en el país son pequeñas y medianas, para diversos efectos se les agrupa en una sola categoría denominada PYME. En esta se reúnen todas las empresas pequeñas y medianas del sector primario, secundario o de servicios, cuyos ingresos ordinarios anuales van desde 23 563 unidades de valor tributario (uvt) hasta 2 160 692 uvt.

En Colombia la microempresa tiene predominio. En términos del número de empresas, según datos de la Superintendencia de Sociedades, en el 2020 representaban alrededor del 92 % del total de empresas en el país, por lo que a la categoría de PYMES se le ha agregado a las microempresas, denominándolas MIPYMES.

### *Características generales de las empresas de acuerdo con su tamaño*

El Departamento Nacional de Planeación en Colombia llevó a cabo un diagnóstico sobre las mipymes en el país, en el cual se describen las características principales de las empresas según su tamaño (tabla 2). Estas descripciones se extraen del documento CONPES 3484 del 2007, con el fin de comprender las diferencias más frecuentes que se presentan. Es importante destacar que estas características no solo son consistentes a lo largo del tiempo, sino que, al revisar diversos documentos a nivel latinoamericano, se observa que son compartidas por muchos países.

**Tabla 2. Características principales de las empresas según su tamaño**

<b>Microempresas</b>
Están concentradas en el sector servicios.
Por lo general tienen menos de cinco personas ocupadas.
Su organización es de tipo familiar y están dirigidas y organizadas por el propio dueño.
Tienen altos niveles de informalidad.
Generalmente su administración es empírica.
Operan en mercados limitados y su articulación con otras empresas es débil.
Tienen un nivel bajo de desarrollo tecnológico con predominio de tecnologías atrasadas.
Usan recurso humano semi-calificado y no calificado.
Tienen un acceso limitado al sector financiero.
<b>Pequeñas y medianas empresas</b>
Tienen niveles altos de informalidad y una administración empírica.
Poseen capacidad limitada de innovación por dificultad de invertir recursos en investigación y desarrollo.
Cuentan con acceso limitado al financiamiento requerido para el desarrollo tecnológico en maquinaria y equipo, la modernización, la ampliación de mercados, etc.
Hacen uso intensivo de mano de obra.
Usan de forma reducida las tecnologías de información y comunicaciones.
Tienen problemas para la comercialización de sus productos y la obtención de materia prima e insumos.
Cuentan con participación limitada en el mercado, aunque sea local, nacional o internacional.
<b>Gran empresa</b>
Generalmente son empresas multinacionales, bien sea de capital extranjero, nacional o mixto, que participan en forma mayoritaria de la producción o comercialización de determinados productos.
Dominan el mercado interno con amplitud, algunas veces también participan en el mercado internacional.
Por tener mayor acceso a recursos de capital, pueden estar a la vanguardia en la tecnología y tener mayores niveles de competitividad.
Cuentan con profesionales especializados para la organización y dirección de la empresa.
Disponen de mayores facilidades para acceder a las diversas fuentes y formas de financiamiento, tanto nacional como internacional.
La naturaleza jurídica corresponde generalmente a sociedades anónimas con más de veinticinco socios, pero igualmente conforman otro tipo de sociedades.

**Fuente:** Tabla basada en documento Compes 3484 (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2007).

## **2. Por el sector de actividad económica en el que opera**

Las actividades económicas de un país se ordenan sistemáticamente en categorías o conjuntos homogéneos de acuerdo con las características del bien o servicio. Esta clasificación tiene por objeto unificar el sistema estadístico de información en los diferentes países y, de esa manera, posibilita la comparación de la información. Tradicionalmente, dichas actividades se han agrupado en tres grandes sectores: primario, secundario y terciario. Sin embargo, en los últimos años se ha considerado importante incluir un nuevo sector denominado cuaternario, que incluye a las empresas llamadas del conocimiento.

### *Sector primario*

Dentro de este sector se clasifican las diferentes actividades económicas relacionadas con la extracción directa de los recursos naturales de minas y canteras, la extracción de hidrocarburos, el uso y cultivo de la tierra para fines agrícolas y pecuarios, la silvicultura, la apicultura, la acuicultura, la caza y la pesca. Estas actividades generan bienes que pueden ser aprovechados para el consumo o para la comercialización, pero sin ningún grado de transformación. Se denomina primario por ser la primera actividad económica que se realiza sobre los bienes antes de su transformación.

### *Sector secundario*

Denominado igualmente como sector industrial o manufacturero, agrupa todas las actividades relacionadas con la transformación, bien sea de la materia prima proveniente de los recursos naturales del sector primario, de materias primas sintéticas o artificiales y materiales ya procesados que requieran nuevas transformaciones. Sus actividades pueden estar dirigidas a la obtención de nuevos productos al ensamble o a cualquier otra actividad en la que se obtenga algún tipo de producto, material, etc. También incluyen a las actividades artesanales.

### *Sector terciario o de servicios*

En este sector se agrupan varias actividades orientadas a la prestación de todo tipo de servicios, como son comercialización, distribución, financiación de recursos, etc., así como a la prestación de servicios turísticos, educativos, recreativos, culturales, de salud, de comunicaciones, de información, de asesoramiento, de asistencia especializada y profesional, etc. Dado el número, tamaño y diversidad de las actividades de este sector, suelen dividirse en subsectores que, en el lenguaje común, también son denominados como sector. Por ejemplo, los sectores de transporte, comunicaciones, turismo, salud, etc.

### *Sector cuaternario*

Es un sector relativamente nuevo que surgió en la sociedad postindustrial, debido a la aparición de actividades económicas que difícilmente podían ser agrupadas en los tres sectores tradicionales. Estas actividades se caracterizan por ser principalmente intelectuales y relacionadas con la generación de información, investigación, desarrollo e innovación, abarcando también el intercambio, gestión y distribución de la información.

### *Clasificación internacional industrial uniforme (CIIU)*

Con el propósito de contar con información ordenada y homogénea de todo tipo de empresas, tanto a nivel nacional como internacional, se ha adoptado la clasificación internacional industrial uniforme (CIIU), que busca medir y comparar las diversas variables sobre el comportamiento y dinámica empresarial. La CIIU, propuesta por el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, empezó a aplicarse en 1958 con el primer documento CIIU REV 1 (1958). Paulatinamente, se han efectuado revisiones y ampliaciones con el fin de introducir mayor detalle en los demás sectores de la economía, dado que las primeras clasificaciones se concentraron en la industria manufacturera (DANE 2013).

Actualmente, se encuentra disponible para Colombia la CIIU REV 4, la cual se ha adaptado a las necesidades específicas, puesto que el grado de detalle varía según los países de acuerdo a sus peculiaridades geográficas o su grado de desarrollo. El CIIU define

como actividad económica a «el proceso productivo que resulta de la combinación de recursos tales como equipo, trabajo, técnicas de elaboración y productos que conducen a la obtención de un conjunto dado de bienes o servicios». Bajo esta definición, las actividades pueden ser principales, secundarias (directamente involucradas en la elaboración del producto) y auxiliares (facilitan las actividades principales y secundarias).

### *CIIU. Revisión 4*

Esta revisión presenta una estructura donde el primer nivel de agregación representa los diferentes sectores de actividad, mediante códigos alfabéticos de la A hasta la U. El segundo nivel se representa mediante cuatro dígitos: los dos primeros corresponden a actividades dentro del mismo sector económico; el tercer número está relacionado con los grupos en que se desagrega el sector; y el cuarto nivel se denomina clase, y corresponde a un nivel más detallado. Por ejemplo, la industria manufacturera se encuentra codificada con la letra C que representa el sector económico, posteriormente, aparecen los dígitos del subsector alimentos y, a continuación, los grupos de dicho subsector:

Sección C: industrias manufactureras.

División 10: elaboración de productos alimenticios. Grupo 107: elaboración de azúcar y panela. Clase 1072: elaboración de panela.

Por considerarlas de interés para el presente texto, en la tabla 3 se presentan desagregadas las diferentes divisiones correspondientes a la Sección C: industria manufacturera:

**Tabla 3.** Clasificación internacional industrial uniforme.

DIVISIÓN	ACTIVIDAD	DIVISIÓN	ACTIVIDAD
10	Elaboración de productos alimenticios	22	Fabricación de productos de caucho y de plástico.
11	Elaboración de bebidas.	23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos.
12	Elaboración de productos de tabaco.	24	Fabricación de productos metalúrgicos básicos.
13	Fabricación de productos textiles.	25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo.
14	Confección de prendas de vestir.	26	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos.
15	Curtido y recurtido de cueros; fabricación de calzado; fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y fabricación de artículos de talabartería, teñido de pieles.	27	Fabricación de aparatos y equipo eléctrico.
16	Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de cestería y espartería.	28	Fabricación de maquinaria y equipo N.C.P
17	Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón.	29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
18	Actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales.	30	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte
19	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles.	31	Fabricación de muebles, colchones y somieres
20	Fabricación de sustancias y productos químicos.	32	Otras industrias manufactureras

Fuente: DANE (2020).

## Tipos de industrias

Al referirse exclusivamente a las actividades de transformación, y derivado del CIIU, se utiliza también otro tipo de denominación que agrupa a las actividades industriales por el tipo de producto que fabrican, de la siguiente forma:

- Industria alimenticia.
- Siderúrgica: transforman el hierro en acero.
- Metalúrgica: metales diferentes al hierro.
- Cementera.
- Química.
- Petroquímica.
- Automovilística.
- Textil y confección.
- Farmacéutica.
- Agroindustria.

### **3. Por su ámbito de actuación**

En relación con el ámbito geográfico en el que las empresas realizan sus actividades principales, bien sea de transformación, comercialización o ambas, y de prestación de servicios, se pueden distinguir:

- a. Empresas locales: su principal actividad se desarrolla en un área geográfica determinada.
- b. Empresas nacionales: realizan sus actividades en una o varias regiones del territorio nacional, incluso cuando su centro de operación esté en una sola región. Sus productos y servicios se distribuyen a nivel nacional.

- c. Empresas multinacionales: desarrollan una o varias de sus actividades en diferentes naciones, pero los procesos de gestión se mantienen centralizados en el país de donde provienen.
- d. Empresas transnacionales: han traspasado las fronteras y se extienden a otros países mediante inversiones directas para desarrollar actividades de producción, comercialización y prestación de otros servicios de manera separada o combinada. Generalmente poseen una casa matriz, desde la cual definen las políticas y estrategias para todas las filiales o subsidiarias.

#### ***4. Por el origen de su capital***

De acuerdo con el origen del capital las empresas se pueden clasificar en:

- a. Pùblicas: su capital pertenece total o parcialmente al Estado. Son creadas para desarrollar actividades de naturaleza industrial o comercial, y de gestión, como también para la prestación de servicios de carácter público. En Colombia son denominadas como empresas industriales y comerciales del Estado, y fueron creadas por la Ley 489 de 1998, con capital independiente y ánimo de lucro. Un ejemplo de este tipo de empresas en Colombia es Ecopetrol.
- b. Privadas: su capital pertenece a inversionistas privados que pueden ser:
  - Empresas nacionales: se forman por iniciativa de residentes del propio país y sus capitales provienen mayoritariamente de estos.
  - Empresas extranjeras: se instalan en el país, pero los capitales son de origen extranjero. Realizan inversiones directas y pueden ser filiales de una casa matriz que opera en otro país.
  - Mixtas: son empresas que pertenecen tanto al Estado como a particulares, pues sus aportes provienen de ambas partes. Desarrollan actividades de naturaleza industrial o comercial, pero se rigen por las mismas normas establecidas para las empresas privadas. En Colombia son conocidas como sociedades de economía mixta. También se denomina mixtas a las empresas privadas constituidas con capital nacional y extranjero, que se asocian y fusionan sus capitales.

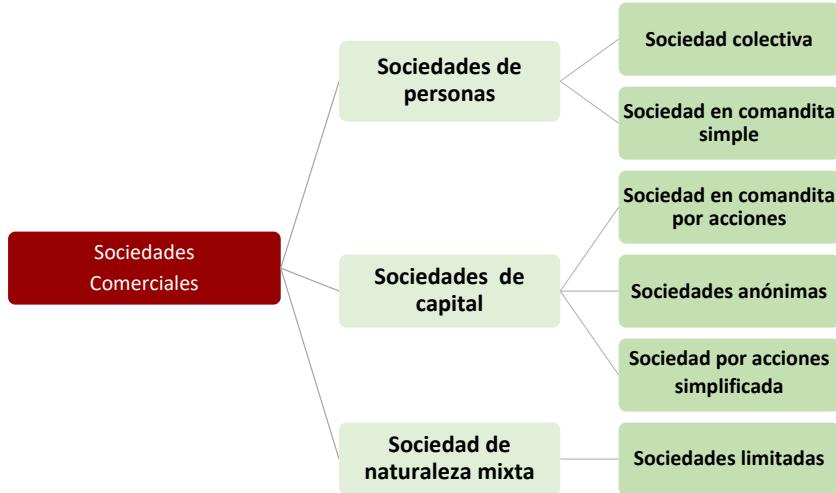
## **5. Por su naturaleza jurídica**

En Colombia, las disposiciones generales que regulan a las sociedades se encuentran establecidas en el Código de Comercio, promulgado mediante el Decreto 410 de 1971 y sus modificaciones posteriores. Dependiendo de su objeto social, se distingue entre sociedades civiles, sociedades comerciales, sociedades de familia y otras formas asociativas. Este apartado, se enfoca únicamente en las sociedades comerciales o mercantiles, y hace un breve resumen de los diferentes tipos, destacando sus características y diferencias, según lo establecido en el Libro 2 del Código de Comercio de Colombia, en los títulos 2 y 3.

Según el Código de Comercio, se define como actividad mercantil a todas aquellas acciones llevadas a cabo por empresas o individuos con el propósito de ofrecer bienes o servicios en el mercado con el fin de obtener ganancias o beneficios económicos. El Código establece 19 categorías diferentes para clasificar cada tipo de actividad mercantil.

Las empresas, por lo tanto, son sociedades comerciales constituidas mediante un contrato que establece: el objeto social; el acuerdo entre los socios en cuanto a los aportes en dinero, trabajo u otros bienes; los derechos y responsabilidades; la forma como será asignada la utilidad neta; y las cantidades de activos que se permiten retirar a los socios, que son legalizadas mediante escritura o por medio de documento privado dependiendo del tipo de sociedad.

Las sociedades comerciales, de acuerdo con la naturaleza jurídica, se agrupan en tres categorías que, aun cuando no están estipuladas en la ley, han sido acogidas por los expertos y generalizadas en diferentes documentos: sociedades de capital, sociedades de personas y sociedades de naturaleza mixta (ver figura 8).



**Figura 8.** Tipos de sociedades en Colombia

La denominación de sociedades de capital corresponde a aquellas en las que prevalecen los aportes económicos y las acciones (no las personas), desconociéndose en muchas ocasiones quiénes son los socios. Dentro de esta clasificación se encuentran: sociedad anónima, sociedad en comandita por acciones y la sociedad anónima simplificada.

En las sociedades de personas prima el *intuitus personae*, que es un vocablo de origen latino que significa «en función de la persona». Se constituyen entre personas con base en el conocimiento y confianza que existe entre quienes la conforman; de ahí que su responsabilidad sea solidaria e ilimitada con las obligaciones que se contraen. Por lo tanto, es común que los socios sean miembros de una familia o personas cercanas. Entre este tipo de sociedades se encuentra la sociedad colectiva y la comandita simple. Por último, las sociedades de naturaleza mixta son aquellas en las que se conocen plenamente los socios, pero solamente responden hasta el monto de sus aportes. A esta clasificación pertenecen las sociedades de responsabilidad limitada.

La responsabilidad de las diferentes sociedades difiere según la naturaleza jurídica. En Colombia, solo en las sociedades de personas los socios responden de manera solidaria por las obligaciones de la sociedad, tanto desde el punto de vista mercantil, como laboral y tributario. En las demás sociedades se responde proporcionalmente hasta el monto de los aportes. De lo anterior se desprende que la elección entre formar una sociedad de capital o una sociedad de personas depende de diversos factores. Sin embargo, la responsabilidad que se esté dispuesto a asumir juega un papel importante en la decisión final. En las sociedades de capital el riesgo está limitado a la inversión realizada

en la sociedad, lo cual implica un riesgo limitado. Por otro lado, en las sociedades de personas, los socios asumen un riesgo prácticamente ilimitado, ya que, en caso de eventualidades, deben responder tanto con la inversión en la sociedad como con su propio patrimonio. No obstante, existen diferentes condiciones, ventajas y desventajas en ambos tipos de sociedades, por lo que es necesario realizar un análisis cuidadoso antes de tomar una decisión.

### ***Características principales de los diferentes tipos de sociedades***

Las empresas familiares o pequeñas suelen formar sociedades colectivas y en comandita, lo que depende de su tamaño, y del conocimiento y confianza entre los miembros. Por su parte, las sociedades de responsabilidad limitada y las anónimas son elegidas con base en la actividad a desarrollar, el tamaño y las tendencias al crecimiento.

#### ***Sociedad colectiva***

Es un tipo de sociedad en la cual la responsabilidad de los socios o asociados es solidaria e ilimitada. Se trata de una sociedad cerrada y administrada por todos sus miembros. Esta forma societaria está regulada por los artículos 294 a 322 del Código de Comercio colombiano y se caracteriza por:

- Razón social: nombre completo o el solo apellido de alguno o algunos de los socios, seguido de expresiones como «& Cía.» o «& hermanos». Por ejemplo «Mejía Gómez y Cía.» y «Héctor Gallego e hijos».
- Responsabilidad: solidaria e ilimitada, es decir, todos responden por las actuaciones que realice la sociedad.
- Número de socios: Mínimo dos socios y no tiene límite de máximo.
- Conformación de capital social: está dividido en partes que pueden ser de diferente valor, pero que deben pagarse completamente al momento de la constitución.
- Administración de la sociedad: corresponde a todos los socios, quienes pueden delegarla en otros socios o en terceros.

- Revisor fiscal: voluntario para activos inferiores a 5000 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV) e ingresos brutos de 3000 SMMLV. Por encima de estos montos es obligatorio.

### *Sociedad en comandita*

Está conformada por dos tipos de socios: los que asumen un compromiso de manera solidaria e ilimitada sobre todas las actividades de la sociedad, y los que limitan la responsabilidad a sus respectivos aportes. Los primeros se denominan socios gestores o colectivos y los segundos socios comanditarios.

Los socios gestores son aquellos que representan y administran la sociedad, asumiendo una responsabilidad ilimitada y solidaria por las obligaciones sociales. Por otro lado, los socios comanditarios son aquellos que aportan capital y su responsabilidad se limita al monto de sus respectivas contribuciones. Las sociedades en comandita pueden ser simples o por acciones, y se encuentran reguladas en los artículos 323 a 366 del Código de Comercio colombiano. Estas sociedades se caracterizan por:

- Razón social: nombre completo o el solo apellido de uno o más socios colectivos acompañados de «& Cía.», seguido siempre de la abreviatura s. en c. para la simple y SCA para la comandita por acciones.
- Número de socios de la comandita simple: mínimo un socio gestor y un socio comanditario, y máximo veinticinco comanditarios.
- Número de socios de la comandita por acciones: mínimo un socio gestor y cinco comanditarios, y un máximo indeterminado.
- Conformación del capital social: se forma con los aportes de los socios comanditarios únicamente o con los de ambos tipos de socios. Las s. en c. deben pagar la totalidad del capital al momento de la constitución. Por su parte, las SCA. deben pagar el 50 % del capital autorizado y el 33 % del capital suscrito. El capital restante deberá ser pagado dentro del año siguiente a la fecha de constitución de la sociedad.
- Responsabilidad: solidaria e ilimitada para los socios gestores y limitada hasta el monto de sus aportes para los socios comanditarios.

- Dirección y administración de la sociedad: está encabezada por los socios gestores quienes también la representan. Los socios comanditarios no intervienen en la administración.

### *Sociedad Anónima*

Es un tipo de sociedad abierta en la cual el capital se encuentra dividido en acciones de igual valor, y los socios tienen una responsabilidad limitada al monto de sus respectivos aportes. Según su tamaño, estas sociedades pueden negociar sus acciones en el mercado de valores. Algunas características distintivas de este tipo de sociedad son:

- Razón social: cualquier nombre seguido por la sigla SA.
- Número de socios: no puede ser menor a cinco socios, pero tiene un máximo ilimitado.
- Conformación del capital social: dividido en acciones de igual valor que se representan a través de títulos negociables.
- Pago: en el momento de la constitución, deberá pagarse el 50 % del capital autorizado y al menos el 33 % del capital suscrito. El capital restante deberá ser pagado dentro del año siguiente a la fecha de constitución de la sociedad.
- Responsabilidad: los accionistas responden por las obligaciones de la sociedad hasta por el monto de sus aportes.
- Dirección y administración de la sociedad: la dirección depende del máximo órgano de la sociedad que es la asamblea general de accionistas, seguido por la junta directiva. La administración está a cargo de un representante legal.

### *Sociedad de responsabilidad limitada*

Es un tipo de sociedad en la cual, tanto la responsabilidad como el número de socios, es limitado; de ahí su nombre. La responsabilidad se limita al monto de sus aportes y solo puede crearse cuando el número de socios es mínimo 2 y máximo 25.

- Razón social: un nombre cualquiera seguido de la abreviación LTDA.

- Número de socios: mínimo dos y máximo veinticinco.
- Conformación del capital: se divide en cuotas o partes de igual valor y debe pagarse totalmente al momento de constituirse.
- Responsabilidad de los socios: responden solidariamente hasta el monto de sus aportes y en proporción al periodo del aporte durante el año fiscal.
- Dirección y administración de la sociedad: está a cargo de la junta de socios, pero puede ser delegada a un gerente.

### *Sociedades por acciones simplificadas (SAS)*

Es el último tipo de sociedad adoptado por la ley colombiana y se caracteriza por tener máxima flexibilidad, y una adaptación a diferentes escenarios empresariales. Se constituye como un híbrido entre las sociedades personales y las de capitales, pero sin la rigidez de estas, y demanda menos trámites para su constitución, por lo que es la forma más utilizada por las pymes. Sus principales características son:

- Razón social: un nombre seguido de las siglas SAS.
- Número de accionistas: mínimo un accionista y no tiene límite máximo.
- Responsabilidad de los accionistas: hasta el monto de sus aportes por las obligaciones sociales, con excepción a los casos en los que se busque defraudar la ley o se perjudique a terceros. En cualquiera de estos casos, los accionistas responderán solidariamente, más allá del monto de sus aportes.
- Conformación del capital: se divide en acciones que son libremente negociables, pero no pueden negociarse en el mercado de valores y puede restringirse por estatutos hasta por diez años.
- Dirección y administración: la estructura de gobierno y la capitalización de la sociedad es flexible.
- Revisión fiscal: para cualquier tipo de sociedad, tener revisor fiscal es voluntario para ingresos inferiores a 3000 SMMLV y capital hasta 5000 SMMLV. Por encima de esta última cifra es obligatorio.

## Otras modalidades de Empresas

### *Franquicia*

Definida por la Real Academia Española de la Lengua como: «Concesión de derechos de explotación de un producto, actividad o nombre comercial, otorgada por una empresa a una o varias personas en una zona determinada» (2014). Por lo anterior, una franquicia se concede cuando empresas que tienen alto reconocimiento en un mercado permiten que su marca sea utilizada por otras empresas. En consecuencia, mediante contrato se otorga una licencia de uso y explotación de una marca, producto, proceso o fórmula, bajo determinadas condiciones que son establecidas por la empresa propietaria o titular de la marca. Por ejemplo, en productos alimenticios, la empresa propietaria puede exigir que se mantengan los mismos proveedores de materiales y materia prima o que los lugares sean diseñados con los mismos parámetros, de tal manera que se mantenga la uniformidad de los productos o servicios que se ofrecen bajo esa marca y, por ende, se mantenga la imagen de la empresa. Algunos ejemplos de franquicias de alimentos son: Mc. Donald's, Subway, Juan Valdez, etc.

### *Empresas Maquiladoras*

La maquila es un sistema de producción que opera como servicio intermedio para la fabricación o ensamble de productos por encargo de un tercero, quien los comercializa. La empresa contratista generalmente aporta las materias primas y define las características del producto, y la maquiladora lo produce y pone la marca y firma de quien le contrató, o solamente los fabrica total o parcialmente. Este sistema fue muy utilizado por empresas multinacionales para aprovechar los costos inferiores de la mano de obra de otros países, así como los beneficios tributarios que ofrecían los Estados para importar materia prima y materiales sin pagar aranceles, siempre que el producto elaborado se comercializara en el país de origen de la materia prima. Sin embargo, este tipo de negocio se ha extendido ampliamente entre empresas del mismo país que subcontratan con otras empresas la elaboración de productos con la marca de la empresa contratante.



# **PARTE 2. LA EMPRESA COMO OBJETO DE TRABAJO DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

## Perspectivas para el estudio

La empresa ha sido estudiada desde diferentes corrientes filosóficas, sociológicas y sicológicas, como también desde una pluralidad de perspectivas y ámbitos como el jurídico, administrativo, económico y tecnológico. Desde el ámbito administrativo, los enfoques y teorías han sido abundantes, por lo que la literatura al respecto es numerosa. Al respecto, el reconocido profesor de California, Harold Koontz, citado en Ríos Szalay (2000), se refiere a las teorías organizacionales como la jungla en la teoría administrativa, porque no existe una sola teoría o un solo modelo que permita integrar las diferentes concepciones y conocimientos desarrollados a lo largo del tiempo sobre la empresa, principalmente porque en cada época han influido variables y hechos que han condicionado sus actuaciones y resultados.

Un primer enfoque concebía a las empresas y en general a las organizaciones como sistemas cerrados, con limitadas interacciones con el medio. Según Chiavenato, (2007); Koontz, Heinrich y Canice (2017), entre otros, los objetivos de la empresa se dirigían a obtener altos niveles de productividad para alcanzar mayores volúmenes de producción, y la estructura organizacional que permitía a la empresa lograr los objetivos propuestos se concebía como una estructura rígida, conformada por diferentes niveles jerárquicos, con roles debidamente delimitados, funciones y decisiones centralizadas, en las que el factor humano se hallaba en segundo plano.

En la primera parte de los años treinta, aparecieron otras corrientes teóricas que aportaron nuevos elementos a la naciente teoría administrativa. En ese periodo se mantuvo la concepción de la empresa como un sistema cerrado, con alto nivel de formalización en su estructura y una dinámica interna, pero empezó a considerarse un lugar más protagónico de los seres humanos dentro de la organización (Kast y Rosenzweig, 1998).

Pasaron varios años para que cambiara la concepción de la empresa como sistema cerrado, cuando, en la década de los sesenta en oposición a la tendencia de décadas anteriores, surgió la teoría de sistemas según la cual se entiende a la empresa como sistema abierto, donde se interrelacionan en forma continua y como un todo en el entorno las diferentes partes y elementos que conforman el sistema empresarial.

Las condiciones de la época, caracterizada por la fuerte competencia entre las empresas, influyeron en los principales estudiosos del tema para desarrollar teorías y prácticas orientadas a preparar la empresa para enfrentarse a nuevos retos. En sus postulados hicieron énfasis en la búsqueda de la competitividad empresarial, la planeación estratégica, el liderazgo empresarial, la innovación en productos y servicios, lo que trajo como resultado nuevas teorías y prácticas orientadas a pasar de una administración que durante muchos años fue reactiva, a un rol más proactivo (Chiavenato, 2007; Kast y Rosenzweig, 1998).

Para la década de los ochenta, se consolidaron las interrelaciones de las organizaciones con el entorno, caracterizadas por cambios dinámicos y constantes, lo que hizo más compleja la dirección de las organizaciones. Las estructuras de las empresas se volvieron más flexibles y estuvieron orientadas a buscar relaciones de cooperación tanto internas como externas. Además, los objetivos empresariales se centraron en la necesidad de la generación de valor para dar respuestas más efectivas a los clientes (Porter, 2015). Actualmente se han acercado los papeles del directivo y el empleado, y existen niveles jerárquicos mínimos. También, se ha potenciado el liderazgo y la responsabilidad de cada miembro de la organización, con alta descentralización en la toma de decisiones y la promoción de enfoques colaborativos, con los que se cambiaron los criterios y aspectos para el diseño organizacional.

La intención de los siguientes capítulos no es revisar la multiplicidad de enfoques y teorías, lo cual sobrepasa el propósito de este texto, sino proporcionar al lector un esbozo general sobre los tres enfoques que, a nuestro juicio, han permitido estudiar la empresa desde una concepción más integral, alrededor de los cuales ha habido múltiples aportes orientados al desarrollo empresarial. En ese orden de ideas se abordan:

- a. Enfoque clásico de la empresa como una estructura jerárquica-funcional, aportada en su primer momento por los autores denominados clásicos, que fue adaptada de acuerdo con las condiciones y nuevos conocimientos de cada época.
- b. Enfoque de la empresa como sistema a partir de las teorías de Ludwig Von Bertalanffy.
- c. Enfoque como sistema de valor, centrada en los aportes de Michael E. Porter.





## **Capítulo 6. Enfoque clásico: la empresa como organización jerárquica**

## Introducción

Los autores clásicos de la teoría organizacional concebían la empresa como una organización jerárquica compuesta por un conjunto de elementos ordenados a manera de una estructura piramidal, en la que, en cada nivel jerárquico, se agrupaban las diferentes actividades y tareas requeridas para lograr los objetivos, con grados de autoridad y responsabilidad delimitados y una clara diferenciación entre los niveles de decisión.

Fayol (1973, p. 214) describió tres niveles organizacionales: estratégico, funcional y operativo. A lo largo de la historia, esta concepción de empresa como una organización jerárquica ha evolucionado y se han definido diferentes tipos de organización. Estos modelos incluyen la organización lineal propuesta por Taylor, la organización funcional propuesta por Fayol, así como estructuras mixtas y la estructura matricial. Además, en respuesta a la continua transformación en la que se encuentran las empresas, se han desarrollado sistemas de organización más flexibles en las «empresas modernas» del siglo XXI, basados en la autogestión, organizaciones en red, entre otros enfoques.

Las diferentes formas de organización desarrolladas en el tiempo, tanto clásicas como modernas, mantienen en su esencia los principios de los clásicos, pero se han adaptado de acuerdo con las concepciones administrativas predominantes de las épocas y en función de las nuevas demandas de la sociedad, en un entorno que está permanentemente en cambio. A continuación, se presentan los principales conceptos de los autores clásicos.

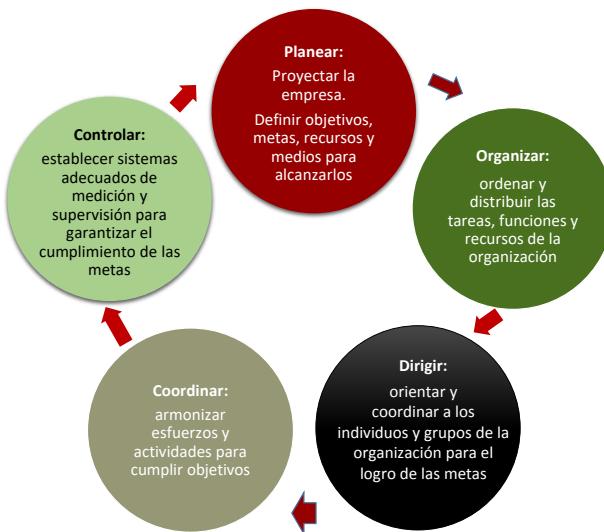
## Principales funciones administrativas

Para alcanzar sus objetivos, toda empresa requiere ser administrada. La acción de administrar se entiende como un proceso de esfuerzos organizados para el uso de todos los recursos disponibles en una organización, con la responsabilidad de obtener los mejores resultados. Para llevar a cabo este proceso se utilizan herramientas, técnicas y procedimientos propios de cada época.

Fayol, citado en Chiavenato (2007, p. 70-71), diferencia el acto de administrar de la función de organizar. Así, definió el acto de administrar como las funciones de planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar. Por su parte, dentro del concepto de

organización, se refiere solo a la definición de la estructura y la forma. A las funciones de planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar, las denominó proceso administrativo, concebido como «un conjunto de procesos que interactúan en una secuencia continua para el cumplimiento de los objetivos» (Chiavenato, 2007, p. 16). En la literatura sobre temas administrativos, este proceso se toma para definir el concepto de administración.

La definición de los objetivos, junto a las estrategias y medios para lograrlos constituyen la función de planificación. La función de organización define los recursos requeridos y la estructura orgánica que lo permita. Por su parte, la dirección se enfoca en lograr que cada una de las personas y grupos de la organización alcancen las metas y objetivos. La coordinación implica armonizar todos los esfuerzos y actos hacia la consecución de los objetivos. Finalmente, el control es la función que permite medir y supervisar lo que se está realizando para determinar el grado de cumplimiento (Ver figura 9).



**Figura 9.** Despliegue de las funciones del proceso administrativo

## Conceptos y elementos de la estructura organizacional

La palabra estructura se deriva del latín *structura*, que significa dar disposición y orden de las partes dentro de un todo. Se refiere también al conjunto de relaciones que mantienen entre sí las partes de un todo. El término aplicado al contexto empresarial como la estructura organizacional establece cómo agrupar los elementos de la organización, y las relaciones que se establecen entre éstos, con el propósito de cumplir los objetivos previstos.

Mintzberg (2012, p. 13) define la estructura como «el conjunto de todas las formas en que se divide el trabajo en tareas distintas y la posterior coordinación de las mismas». Toda empresa demanda una estructura que sea lógica y adecuada para los objetivos, necesidades y potencialidades de la institución, por lo que Koontz, et al señalaron que la estructura de la organización se logra a través de: (1) la identificación y clasificación de las actividades requeridas, (2) el agrupamiento de las actividades mediante las cuales se consiguen los objetivos (3) la asignación de cada agregación a un gerente con autoridad para supervisarlo, y (4) la obligación de realizar una coordinación horizontal y vertical en la estructura (2017, p. 257).

Diferentes autores relacionan el concepto de estructura de la empresa con una estructura física análogo al armazón que sostiene una construcción, o con el esqueleto humano que da soporte a todos los subsistemas del cuerpo. En general, todos los conceptos relacionan dentro de la estructura el conjunto de funciones, actividades o tareas diferenciadas; diferentes niveles jerárquicos, cada uno con autoridad y responsabilidad de acuerdo con el rol y posición dentro de la organización; y niveles jerárquicos para la toma de decisiones.

Se concibe igualmente como un sistema de relaciones que permiten la comunicación entre las personas y grupos que integran la organización, las cuales pueden ser «formales», cuando se derivan de las funciones, tareas y actividades de la empresa y se encuentran claramente definidas; así como «informales», cuando se generan a través de grupos que conformados para actividades diferentes a las de la propia empresa. La suma de las estructuras formal e informal da como resultado la estructura real de la organización.

## El propósito de la estructura

La estructura organizacional permite el ordenamiento y articulación de las diferentes partes y elementos que conforman la empresa, y da claridad de la responsabilidad y autoridad que tiene cada miembro en la organización, de acuerdo con su rol, en cada una de las áreas que se han definido previamente. Bajo esta lógica se busca que el trabajo sinérgico permita alcanzar los objetivos.

## Principios en los que se basa la estructura

La forma en que se organiza la empresa influye significativamente en la consecución de los objetivos y los resultados. Para lograrlo, los autores clásicos propusieron seguir algunos principios básicos que sustentan la estructura, tales como la división y especialización del trabajo, y la autoridad y responsabilidad. De estos principios se derivan otros conceptos como la jerarquía, la delegación, la desconcentración y la cadena de mando, los cuales se explican a continuación:

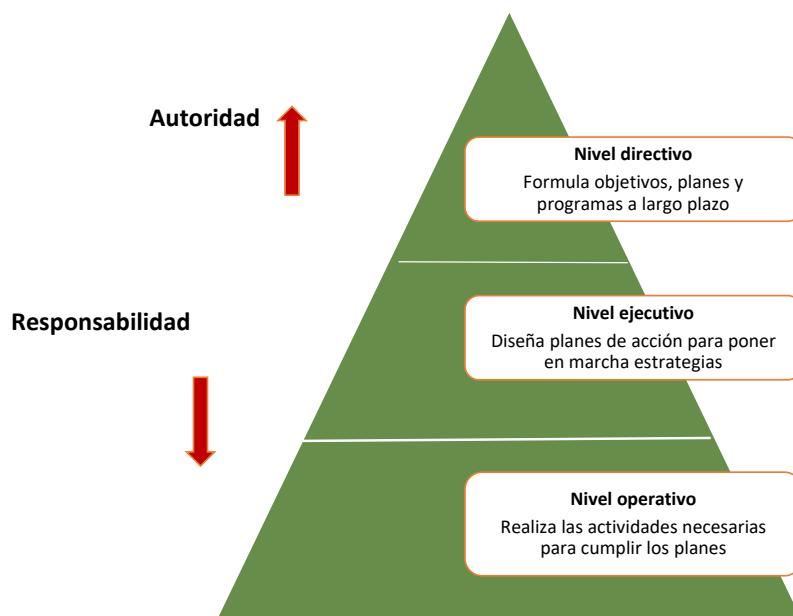
- **División y especialización del trabajo:** se basa en la teoría de Adam Smith, que parte de la importancia de descomponer un proceso complejo en actividades y tareas más elementales, al considerar que un trabajador que se especializa en una tarea adquiere destreza, seguridad y exactitud, lo cual permite producir más y con mejores resultados con el mismo esfuerzo. A partir de dicho principio, se propuso la separación entre las funciones de planeación y las de ejecución y control, con lo cual se establecieron tres niveles en la estructura organizacional: directivo, intermedio y operativo. Con referencia a la especialización, se establece que cada órgano o cargo debe tener funciones específicas, a partir de una estructura que puede ser vertical (jerárquica) u horizontal (departamentalización), con lo que se logran mejores resultados para la organización, siempre que exista la debida coordinación.
- **Autoridad y responsabilidad:** Fayol definió la autoridad como «el derecho a mandar y de hacerse obedecer» (1973, p. 165). Por su parte, los autores neoclásicos que son recopilados por Chiavenato conciben la autoridad, como «el derecho formal y legítimo de tomar decisiones, dar órdenes y asignar recursos para conseguir los objetivos previstos por la organización» (2007, p. 134).

- De lo anterior se desprende que no se concibe la autoridad sin responsabilidad, lo que implica que la autoridad que se le confiere a un directivo como un derecho legal, también requiere de una autoridad carismática o personal. La autoridad carismática o personal es aquella que depende de cualidades personales, inteligencia, conocimientos y experiencias, para que se pueda ejercer un verdadero liderazgo. De otra parte, la responsabilidad significa el deber de desempeñar de manera efectiva la labor que ha sido asignada, por lo que la persona debe ser consistente del grado de autoridad delegado. Así surge el principio de jerarquía, también denominado como escalar, en el que la autoridad desciende del nivel superior al inferior, mientras que la responsabilidad asciende.
- Delegación: significa la transferencia de autoridad y responsabilidad de una persona que la posee a otra para ejercer funciones y tomar decisiones, sin que pueda delegarse la responsabilidad final respecto de los resultados.
- Desconcentración: implica el traslado de funciones de una entidad, organismo o cargo, a las diferentes áreas, divisiones o zonas geográficas de la empresa, como también desde el nivel superior a los inferiores, con lo que se les confiere autoridad, responsabilidad y atribución para tomar decisiones. Su fin principal es garantizar el cumplimiento de los objetivos.
- Jerarquía: se refiere a la distribución de las actividades y tareas que se realizan en la empresa en diferentes niveles, según el grado de autoridad y responsabilidad que se establezca. Cada nivel tiene un grado diferente, por lo que se conforman una especie de escalas o niveles de autoridad, que van desde el máximo nivel (directivo), hasta el nivel inferior (operativo). Las líneas jerárquicas representan los flujos de autoridad y, al mismo, tiempo las vías de comunicación, así como las relaciones verticales y horizontales.
- Cadena de mando y amplitud de control: se refiere al número de niveles jerárquicos que van desde la parte superior de la organización hasta el nivel inferior. Entre más grande y compleja sea la organización habrá un número mayor de niveles, con lo que se conforma, según Fayol (1973, p. 215) una pirámide en la que la dirección está en la cima y la operación en los niveles inferiores, como se muestra en la figura 10. De otra parte, la amplitud de control representa el número de subordinados que cada directivo debe controlar. En las estructuras modernas se busca disminuir el número de niveles, hacia organizaciones más horizontales y auto gestionadas.

## Niveles jerárquicos

Se definen tres niveles jerárquicos principales: directivo, ejecutivo y operativo (ver figura 10).

- Nivel directivo: reúne a los directores generales o gerentes de las empresas. Son responsables de pensar la organización como un todo y a largo plazo, tomar las decisiones que afectan a la organización, y de diseñar los planes, programas y estrategias para alcanzar los fines.
- Nivel ejecutivo o intermedio: agrupa las funciones relacionadas con la ejecución de los planes y programas definidos en el nivel directivo, y toma las decisiones de tipo técnico. En este nivel, se encuentran los directores de las diversas áreas funcionales de la empresa, como mercadeo, producción y el área financiera.
- Nivel operativo: es eminentemente técnico y de ejecución, donde se desarrollan las tareas específicas con menor grado de autoridad y responsabilidad. En este nivel se encuentran todas las personas que elaboran directamente los productos o prestan los servicios.



**Figura 10.** Principales niveles jerárquicos

## Tipos de estructura

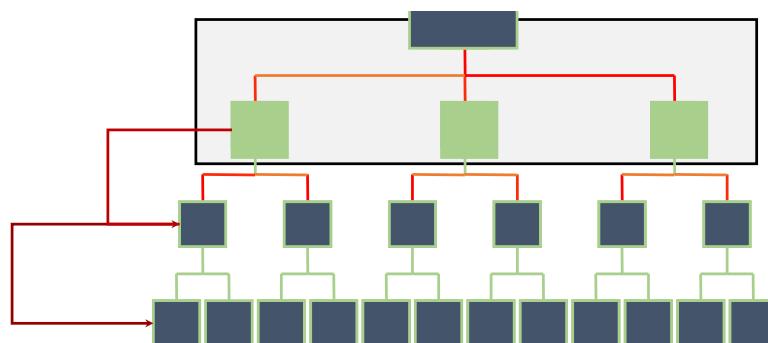
De acuerdo con el número de niveles de control, el grado de centralización y descentralización de las decisiones, y el grado de formalización existente, las estructuras pueden diferenciarse como se describe a continuación.

### 1. Estructura según el tramo de control

Según Fayol (1973, p. 208), el tramo de control se refiere al número de subordinados que un jefe puede controlar o supervisar de manera eficiente. Entre más homogéneas y repetitivas sean las funciones, se podrá tener más personas dependiendo de un solo jefe. Cuando las personas son más especializadas se dificulta la dirección y el control por parte de una sola persona, lo cual se relaciona con el grado de autoridad, responsabilidad y tipo de problemas que tiene un directivo. A partir de este concepto, surgen las denominadas organizaciones planas u horizontales, y las organizaciones verticales, que se diferencian por el número de niveles jerárquicos que definen en su estructura, lo cual determina la complejidad de la estructura.

#### Estructuras de tramo estrecho (vertical o jerárquica)

La estructura vertical de tramo estrecho se caracteriza por una línea de mando angosta en los niveles superiores de la empresa y por tener diferenciación de funciones de manera vertical, con lo cual se crea una estructura alta a manera de pirámide pronunciada, como se muestra en la figura 11.

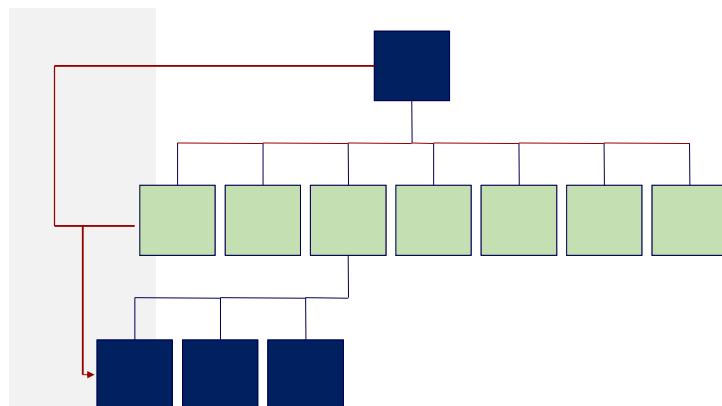


**Figura 11.** Estructura de tramo estrecho

Este tipo de estructuras es común en organizaciones pequeñas en las que existe poca especialización de funciones, también cuando se detecta la necesidad de aumentar la supervisión o cuando un directivo requiere de nuevas personas para coordinar el trabajo de los directos colaboradores, lo cual lo obliga a tener un número mayor de niveles jerárquicos. Esto implica que la autoridad y responsabilidad están concentradas en pocos cargos a nivel superior, lo que le permite a un gerente mantener un mayor control, pero, a su vez, la comunicación puede ser más lenta e inefficiente cuando aumenta el número de niveles inferiores.

### *Estructura de tramo amplio*

Se caracteriza por la existencia de muchos especialistas en los niveles superiores de la organización, que constituyen una línea de mando amplia y de pocos niveles jerárquicos (ver figura 12). Surge de la necesidad de desconcentrar las funciones directivas para buscar mayor calidad y eficiencia en órganos especializados, o para llevar a cabo una estrategia que exige un especialista.



**Figura 12.** Estructura de tramo amplio

La decisión de tener una estructura con tramo amplio o estrecho depende del tamaño, complejidad y necesidad de cada empresa, y puede presentar ventajas y desventajas; no obstante, ambos tipos exigen mucha coordinación para evitar problemas de comunicaciones, coordinación y control.

## 2. Estructura por grado de centralización y descentralización

La toma de decisiones se convierte en una función inherente a los diferentes órganos directivos y ejecutivos de las empresas para lograr sus fines. Sin embargo, las principales decisiones pueden estar altamente concentradas en un pequeño grupo de organismos o personas, o pueden estar desconcentradas, permitiendo una toma de decisiones más distribuida o incluso colectiva. De lo anterior se desprenden los conceptos de organización centralizada y descentralizada.

### *Estructura centralizada y descentralizada*

Las decisiones más importantes de las empresas se concentran en los órganos o cargos superiores, a los que se les denomina organización centralizada. Dentro de las decisiones que pueden tomar están la definición de políticas y objetivos, el diseño de estrategias y muchas otras que tienen relación con la orientación y marcha de la empresa. Se denomina organización descentralizada cuando en tales decisiones participan muchos más cargos, órganos, o unidades, con mayor grado de delegación de autoridad y responsabilidad.

Tanto la centralización como la descentralización tienen ventajas y desventajas, lo que depende principalmente del tipo de empresa, de los objetivos generales y de las estrategias trazadas para lograrlos, así como también de su tamaño, concentración o dispersión geográfica. Por ejemplo, una empresa con filiales en diferentes puntos del continente difícilmente podrá operar de manera eficiente cuando tiene un alto grado de centralización. Otros factores también determinan el mayor o menor grado de centralización, como son las condiciones del entorno y las competencias de las personas que conforman la organización, lo cual se traduce en confianza del directivo al delegar tales responsabilidades.

Cuando se trata de una organización jerárquica-vertical, la estructura de las decisiones sigue el mismo orden de la estructura de la empresa, por lo que se establecen varios niveles de decisión, donde los niveles superiores toman las decisiones relacionadas con los objetivos y las estrategias globales. Por su parte, en los niveles intermedios y operativos se toman las decisiones concernientes a cada una de las áreas, funciones y tareas, siguiendo las directrices y políticas globales.

La centralización es más común en las pequeñas empresas y en aquellas que no tienen o tienen pocas sucursales. Esto posibilita la toma de decisiones de manera unificada, evitando anarquías en la toma de decisiones y potencialmente puede representar una disminución de los costos operacionales. Por su parte, la descentralización en algunas empresas es completamente necesaria debido a su tamaño o dispersión geográfica, lo cual puede aumentar la eficiencia al disminuir los tiempos de consulta y los gastos de coordinación. También se emplea en organizaciones grandes, pues mejora la comunicación al tomar las decisiones cerca de donde deben ejecutarse; sin embargo, pueden presentarse problemas relacionados con la falta de uniformidad.

## Modelos de organización

A lo largo del tiempo las organizaciones se han estructurado de diversas maneras y estilos, dependiendo de sus fines, tamaño, complejidad, objetivos, ámbito geográfico, etc. Además, pueden ser desde estructuras completamente rígidas, hasta estructuras altamente flexibles. En los primeros enfoques denominados modelos clásicos o mecanicistas las estructuras responden a una concepción rígida y jerárquica, con control estrecho y alta concentración de la toma de decisiones. Las principales son: organización jerárquica, denominada también pura o lineal; organización funcional; y organización mixta, línea-staff o consultiva y por comités.

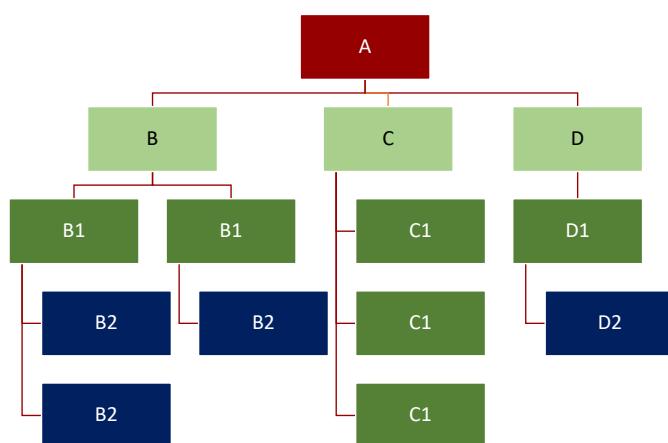
Con el tiempo y como respuesta a cambios en el entorno, las empresas incorporaron modelos organizativos diferentes que complementaron los modelos clásicos tomando elementos de unos y otros. Tal es el caso de la organización matricial, que busca aminar las desventajas de los modelos clásicos bajo una visión más flexible en la estructura (Mintzberg, 2012, p. 285).

### *Organización lineal*

Es la forma de organización formal más antigua que se conoce (Chiavenato, 2007, p. 160) y tiene su origen en la organización de los ejércitos y en la organización eclesiástica de los tiempos medievales. Esta se caracteriza porque la autoridad se transmite por una sola línea jerárquica de nivel a nivel y por una sola persona; las decisiones se

concentran en el nivel directivo y la responsabilidad está claramente delimitada en cada cargo dentro de la organización; y porque la comunicación es formal y desciende desde el nivel superior hasta el nivel inferior, conformando una estructura tipo piramidal como se mostró en la figura 13. En la organización lineal las órdenes hacia los subalternos provienen de un solo jefe, respetando las líneas formales de comunicación; se respeta el principio de jerarquía y de subordinación al inmediato superior; las decisiones están centralizadas; y hay claridad y delimitación de responsabilidades, lo que facilita el control.

Este tipo de estructuras todavía se utiliza en empresas pequeñas, por la sencillez y la delimitación precisa de los deberes y responsabilidades de cada miembro de la organización, lo que evita el conflicto de autoridad y la evasión de responsabilidad. No obstante, cuando la empresa crece y mantiene una estructura vertical de tramo estrecho, se pueden presentar problemas en la comunicación por la distancia que desde el punto donde se emite la orden o instrucción, hasta el punto donde se recibe. De otra parte, se pueden presentar ineficiencias por concentración de decisiones principalmente en los niveles altos de la estructura, y también presenta desventajas como la falta de especialización y flexibilidad.

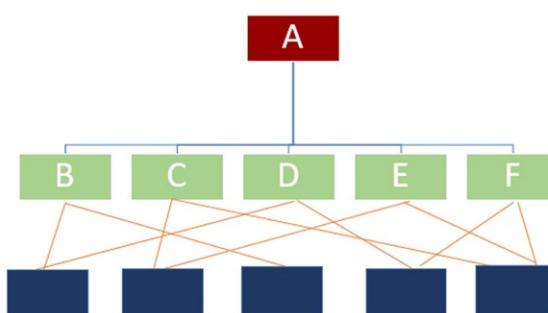


**Figura 13.** Forma de una estructura lineal

## *Organización funcional*

Este tipo de organización se basa fundamentalmente en el principio de especialización de funciones, por la necesidad de dar respuestas más efectivas al crecimiento y complejidad de las empresas. Por tanto, requiere de órganos capaces de tomar decisiones rápidas en cada uno de los campos de especialización. Tiene sus orígenes en la teoría de Frederick Taylor quien, al analizar la organización lineal, observó la ineficiencia del trabajo de los supervisores por la variedad y exceso de actividades, sumadas a la poca preparación en algunas áreas. Por lo anterior, propuso subdividir el trabajo en campos especializados, de tal manera que cada supervisor pudiera atender de manera ágil y oportuna los problemas diversos en la planta, con autoridad sobre los subordinados solo en su campo de especialidad, evitando tener que pasar por el supervisor general como sucedía en la organización lineal.

La organización funcional tiene tres características principales. Primera, cuenta con autoridad funcional o especializada, en la que no existe la autoridad jerárquica o lineal porque hay una autoridad de conocimiento en cada campo específico. Segunda, cada superior tiene autoridad limitada en su campo de especialidad. Por ejemplo, el jefe de calidad puede impartir órdenes a los operarios, pero referidas solo a su campo de especialidad. Tercera, cada subordinado se reporta a todos los superiores en el campo propio de cada uno, lo que permite una comunicación directa entre todos y evita la intermediación sobre los problemas propios de cada especialidad, donde se rompe el principio de la unidad de mando. La figura 14 ilustra la forma de la organización funcional, donde se muestra en el segundo nivel jerárquico a los especialistas en diferentes áreas, con autoridad funcional sobre los operarios de planta.



**Figura 14.** Forma de una estructura funcional

La organización funcional presenta varias ventajas. En primer lugar, se produce una descentralización de las decisiones en los especialistas, lo que facilita una respuesta rápida y de calidad ante las situaciones presentadas. Además, cada función de la empresa cuenta con mayor nivel de especialización, lo que se traduce en un aumento de la eficiencia en su desempeño. Las decisiones del directivo superior se desconcentran en órganos o cargos especializados, lo que hace que la estructura sea más fluida. También se produce una disminución de la presión sobre un solo jefe, ya que la organización cuenta con un número mayor de especialistas.

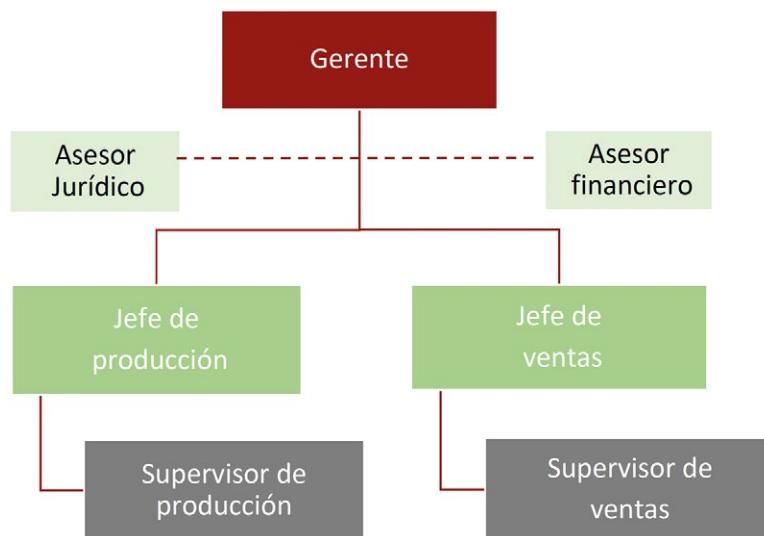
Aun con lo anterior, existen desventajas en este tipo de organización. Se señala principalmente la pérdida del principio de la unidad de mando, lo que puede generar problemas de competencia entre los diferentes especialistas y dificultades en la atribución de responsabilidades al haber varios jefes tomando decisiones. Además, puede haber retrasos en la acción debido a la necesidad de coordinación y control entre las unidades. A pesar de estas desventajas, la organización funcional se ha utilizado ampliamente en empresas relativamente pequeñas, donde el número reducido de especialistas permite una mayor coordinación.

### ***Organización mixta, línea-staff o consultiva***

#### ***Concepto de staff***

El concepto de *staff* se relaciona con la prestación de servicios de información, consejos y recomendaciones orientados especialmente para que los directivos de la línea jerárquica sean quienes tomen las decisiones. Con base en este concepto, junto a la organización en línea cuya característica básica es el principio escalar, aparece el tipo de organización *línea-staff*, que mantiene la línea jerárquica en todos los cargos y órganos decisarios de la empresa relacionados con la consecución directa de los objetivos. También retoma parcialmente el concepto de especialización introducido en el modelo funcional, pero a través de los denominados *staff*.

La organización línea-staff señala que los órganos de línea o ejecución son los responsables directos del cumplimiento de los objetivos de la organización, por lo tanto, son quienes tienen la autoridad y toman las decisiones. Por otro lado, los órganos *staff* no tienen autoridad para impartir órdenes a las personas y tampoco toman decisiones, pues sus relaciones son de apoyo, consultoría y asesoría en su campo de especialidad a los órganos de línea. La figura 15 presenta un ejemplo de una pequeña estructura lineal con dos roles de staff y dos roles de línea. En la línea se encuentran los gerentes de producción y comercial, mientras que los roles de staff asesoran tanto a la gerencia como a los funcionarios de línea.



**Figura 15.** Forma de una estructura mixta

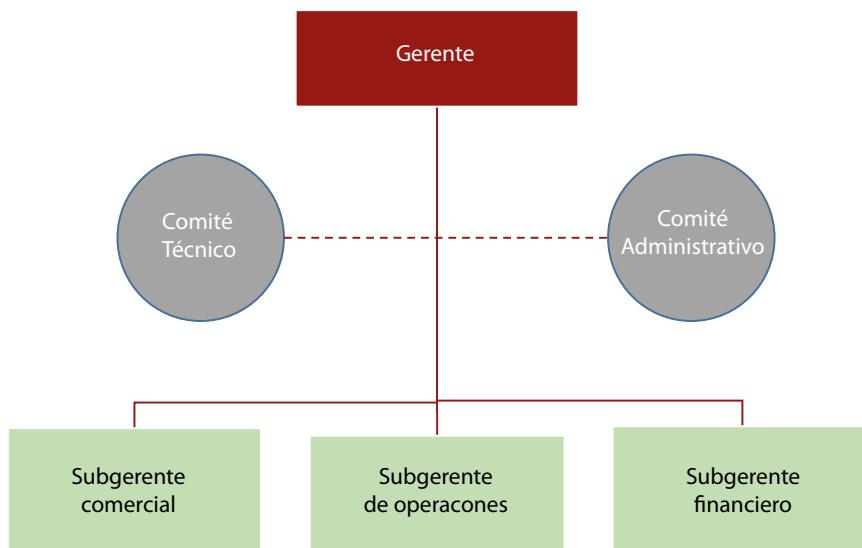
Un *staff* puede existir en cualquier nivel de la organización y, cuando se ubica en un nivel directivo, concentra su atención sobre investigación y planeación de los problemas más importantes de la empresa, de tal manera que los jefes de línea puedan concentrarse en la ejecución. En consecuencia, se preserva el principio de unidad de mando sin perder la especialización, lo cual lo convierte en uno de los modelos clásicos más utilizados por las empresas.

## Características

En las organizaciones de tipo *staff*, se mantiene el principio jerárquico de autoridad, lo cual garantiza la unidad de mando y dirección. Además, se aprovechan las ventajas de la especialización mediante servicios especializados de asesoría y consultoría. Sin embargo, pueden surgir inconvenientes relacionados con la falta de responsabilidad del personal del *staff* y la falta de claridad sobre quién ejerce el liderazgo.

## Estructura mixta con comités

Este tipo de organización, como se ilustra en la figura 16, se basa en las fortalezas derivadas de tener un cuerpo de personas en diferentes áreas o especialidades, para conformar uno o varios grupos denominados comités (ver figura 16). Los comités pueden ser de naturaleza decisoria o asesora y su principal responsabilidad es estudiar y analizar los diferentes asuntos que les son encomendados. Cuando son solo consultores, pueden ser contratados para asesorar al cuerpo directivo o a los jefes de línea, o para tomar decisiones cuando son decisarios. Además, pueden ser temporales o permanentes, pero su funcionamiento es esporádico o intermitente.



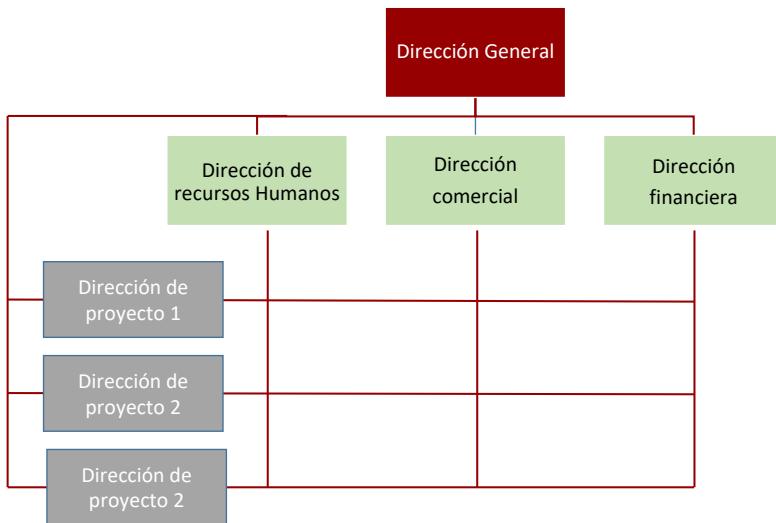
**Figura 16.** Forma de estructura mixta con comités

Por lo general, en las empresas no existe uniformidad en los nombres de los comités, en su naturaleza, en las funciones que realizan, ni en la autoridad conferida. Las denominaciones más comunes son: consejos, comités, juntas y grupos de trabajo. Como característica genérica se señala que no son órganos de la estructura organizacional, pero pueden dar excelentes resultados por las ventajas que traen para la toma de decisiones en grupos interdisciplinarios; sin embargo, puede diluirse la responsabilidad propia de los cargos permanentes de la organización y representar pérdida de tiempo en la toma de decisiones con costos en tiempo y dinero.

### ***Organización matricial***

Se trata de una estructura que busca combinar las ventajas de la organización lineal con las ventajas de la organización funcional, con lo cual genera una doble línea de autoridad compartida. Una de las líneas se deriva de la parte técnica especializada y la otra de los órganos o cargos que realizan las principales funciones administrativas (ver figura 17). Este tipo de organización está enfocada en empresas que desarrollan diferentes proyectos de relativa complejidad, o varios productos complejos con alto grado de diferenciación. Por tanto, requiere tener especialistas con autoridad y responsabilidad para cada proyecto o tipo de producto, pero podrán tener un solo responsable en las diferentes áreas funcionales de la empresa (finanzas, marketing o recursos humanos) para dar soporte administrativo a todos los proyectos o productos. También es utilizada en empresas con plantas de fabricación en diversas regiones o países, donde se desconcentra la parte técnica, pero se mantienen concentradas las funciones administrativas, o algunas de sus partes.

La principal ventaja de la organización matricial es la posibilidad de desarrollar proyectos diversos y complejos, a través de una estructura que consigue reunir a especialistas de diferentes partes de la organización, para que trabajen en un determinado proyecto con alta flexibilidad y rápida adaptación a las necesidades de cada empresa.



**Figura 17.** Forma de una estructura matricial

### *Modelos de organización contemporáneos*

En la medida en que las empresas crecen y expanden sus mercados, regional, nacional o internacionalmente, requieren adaptar sus estructuras a la nueva realidad de la empresa, ampliando quizás el número de personas requeridas y aumentando la diversificación y especialización en las funciones. Bajo este esquema, se convierten en organizaciones estructuralmente complejas con muchas divisiones y niveles, lo cual exige sistemas más sólidos de coordinación, comunicación y control, así como mayor desarrollo a medida que crece la organización.

Para dar respuestas efectivas a los cambios del entorno empresarial cada vez más dinámico y complejo, surgieron modelos conocidos como naturalistas u orgánicos, que se alejan parcial o totalmente de las estructuras jerarquizadas y se dirigen a estructuras más delgadas, flexibles e innovadoras. Estas organizaciones se comportan como estructuras orgánicas altamente adaptables y flexibles, que facilitan la labor en equipo, la cooperación, el autocontrol, la iniciativa, y la comunicación abierta y dinámica. Las principales características de los modelos orgánicos son la flexibilidad con la que pueden adaptarse rápidamente al entorno cambiante, y su organización que es esencialmente horizontal, conformada por equipos autogestionados. En este contexto surgen diferentes modelos que se presentan a continuación.

## *Organización horizontal*

Es un modelo que busca disminuir el número de niveles jerárquicos dentro de la estructura organizacional, para convertirla en una estructura más plana, con pocos o ningún nivel entre los directivos y el personal de base, y con mayor autonomía en la toma de decisiones. Lo anterior, implica mayor responsabilidad y compromiso de cada uno de los miembros de la organización, de tal modo que, a su vez, se promueva una comunicación más directa y estrecha entre el nivel de directivo y el nivel de ejecución.

Esta estructura por lo general puede necesitar más tiempo para en construirse que un modelo jerárquico tradicional, dado que exige mayor autocontrol y una buena definición de las funciones, responsabilidades y competencias de cada integrante de la organización. Por ende, exige una selección cuidadosa de personal y una capacitación amplia, por lo que es más usada en organizaciones más pequeñas o en unidades individuales dentro de organizaciones más grandes. Sin embargo, en organizaciones más complejas se dificulta su implementación.

## *Organización por equipos*

Es un tipo de organización conformada básicamente por equipos de trabajo inter y multidisciplinarios, flexibles y adaptables para cada línea de negocio, y está integrada por personas con diferentes perfiles que pueden resolver problemas específicos de la empresa. El concepto de gerente es sustituido por uno más actual, el de líder de grupo, quien gestiona conjuntamente con sus equipos de trabajo los resultados globales de la empresa, pero sin desconocer que cada grupo es el directamente responsable del desempeño, resultados y cumplimiento de los objetivos de sus respectivas áreas, para lo cual se les otorgan facultades de decisión.

## *Organización en red*

El cambio tecnológico a nivel mundial, principalmente con el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), ha permitido a las empresas cambiar significativamente las formas tradicionales de organización del trabajo, para dar paso a

estructuras basadas en la interconexión en red de todos los elementos de la cadena denominadas *network* u organización en red. Este término es aplicado tanto para referirse al trabajo interno dentro de la organización de forma cooperativa, como al establecimiento de redes externas de cooperación con otras empresas de la cadena productiva.

En la forma intraorganizativa, la red puede estar formada por nodos, grupos o individuos con relaciones que no son jerárquicas sino interdependientes, basadas en el trabajo por resultados, con autonomía operativa y decisiones descentralizadas. En el esquema se comparten los recursos, se complementan los roles, se trabaja en forma cooperativa y existe un amplio sistema de información accesible para todos los implicados, para lo que es indispensable la confianza mutua entre los actores. Por su parte, la organización en red también se construye de forma externa con clientes y proveedores, por medio de alianzas de cooperación para diversas actividades de la empresa.

Actualmente, dependiendo del tamaño, número de empleados, complejidad de la organización o de la concentración o dispersión geográfica, las empresas aplican uno u otro, o la combinación de éstos. En las grandes empresas está generalizada las estructuras por áreas y grupos o equipos colaborativos, combinada con una estructura línea-staff en los niveles más altos de la organización y línea-funcional en los intermedios. Así, se agrupan de diferente manera por departamentos, según la necesidad de cada empresa, lo cual permite a la organización ser eficiente y, al mismo tiempo, flexible, como se verá más adelante.

## Diseño organizacional

Tiene por objeto definir la estructura más conveniente para una organización, de tal manera que responda adecuadamente a sus objetivos y estrategias trazadas en el mediano y largo plazo. Para ello, se tiene en cuenta además su tamaño, las relaciones requeridas con el medio, los recursos disponibles y la cobertura de las operaciones, que son factores que determinan la complejidad de la estructura. Por otro lado, teniendo en cuenta que las organizaciones interactúan siempre en un entorno cambiante, las estructuras deben revisarse con frecuencia para comprobar que funcionan de acuerdo con lo previsto y, si es el caso, adaptarlas a los nuevos requerimientos del entorno.

## ***Pasos del diseño organizacional***

Como se enunció anteriormente, el diseño de la estructura organizacional depende, en primer lugar, de los objetivos y de la estrategia definida, por lo cual se requiere la comprensión detallada de los mismos y la definición de las variables que mayor influencia tienen en el diseño, a partir de lo cual se procede a definir los siguientes aspectos:

- Análisis de las principales actividades, tareas y procesos requeridos para la operación, así como de las habilidades y conocimientos necesarios para definir los perfiles y grados de especialización del personal que estará a cargo.
- Agrupamiento de las actividades en departamentos, divisiones o grupos de trabajo de acuerdo con la relación o complementariedad entre las mismas. Este proceso es denominado departamentalización.
- Definición de los niveles de autoridad y responsabilidad, la delegación conferida para la toma de decisiones y los mecanismos diseñados para coordinación y control.
- Definición de los recursos requeridos para la operación y el cumplimiento de los fines.

## **Departamentalización**

Corresponde a las múltiples tareas y actividades que se requieren para el funcionamiento y operación de una empresa, principalmente cuando se trata de empresas medianas y grandes, hacen necesaria una mayor división y subdivisión del trabajo como un medio para alcanzar los objetivos, lo cual consiste en conformar bloques más o menos homogéneos, de acuerdo con diferentes criterios de división, denominados departamentos, divisiones o áreas funcionales.

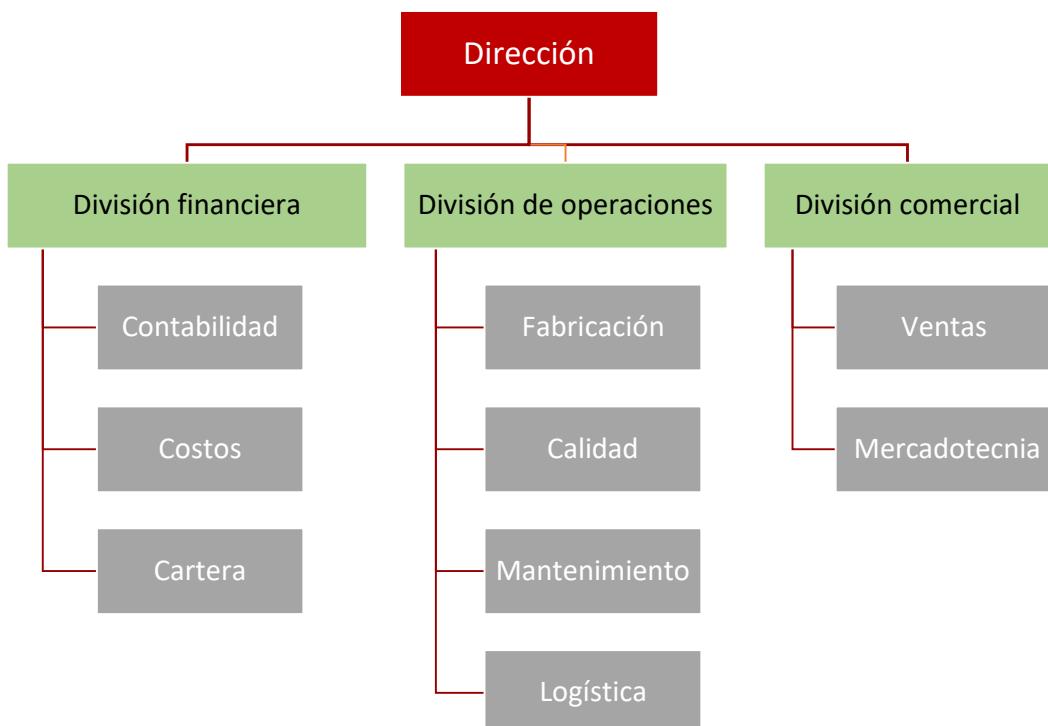
### ***Criterios de departamentalización***

La departamentalización puede hacerse de diferentes formas, de acuerdo con las necesidades, complejidad y conveniencia de cada empresa. Cuando la empresa se encuentra en su etapa de introducción seguramente varias de las funciones podrán ser ejercidas

por una sola persona; pero, en la medida que crece y se diversifica su operación, es necesario aumentar la división y especialización de las funciones, así como diferentes formas de agrupación que faciliten el cumplimiento de los objetivos. Las principales formas o tipos más utilizados de departamentalización son: por funciones básicas de la empresa, por productos, por cliente, por zona geográfica y mixtas.

### *Departamentalización por funciones básicas de la empresa*

En este tipo de departamentalización se agrupan las actividades y tareas alrededor de las denominadas funciones básicas de la empresa, de las cuales las funciones más comunes son las administrativas, de mercadeo, financieras, técnicas, etc. (ver figura 18). Las funciones pueden variar de una empresa a otra, dependiendo de su naturaleza y actividad. Esta departamentalización suele ser la más utilizada en empresas pequeñas, cuya estructura es más o menos estable por amplios períodos de tiempo y tiene poca diversificación en sus productos o servicios. En empresas medianas y grandes se adopta con mucha frecuencia una departamentalización funcional en los niveles más altos de la organización y se combina con otros tipos en los niveles intermedios.

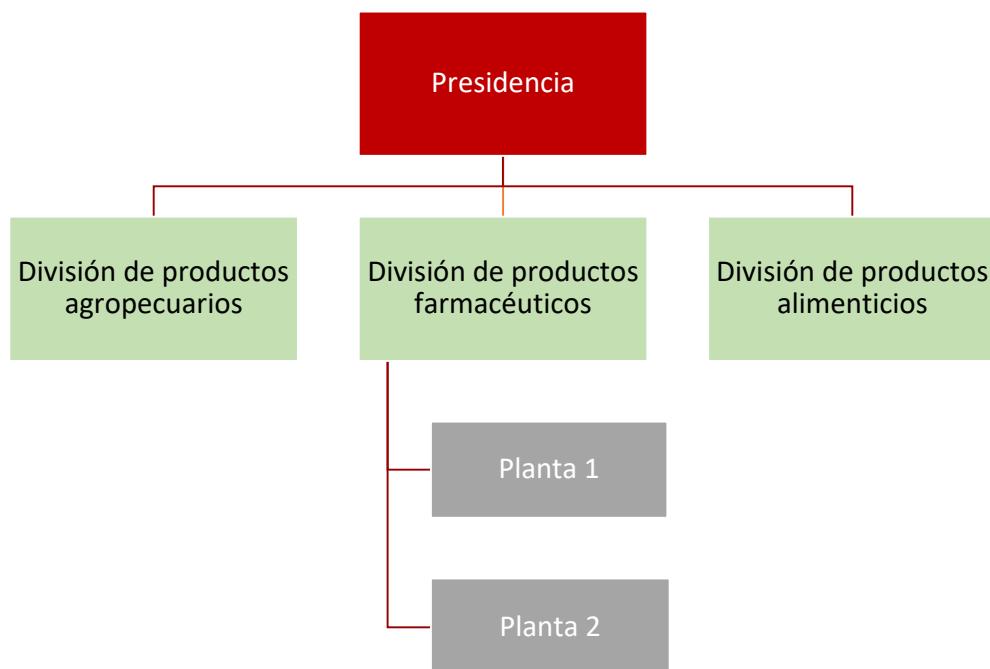


**Figura 18.** Departamentalización por funciones básicas

### *Departamentalización por productos o por tipo de servicio*

En este tipo de departamentalización, la organización de la empresa se hace alrededor de los productos, líneas o familias de productos, agrupando en un mismo departamento las diferentes actividades requeridas para su desarrollo, como el diseño del producto, fabricación, comercialización, etc. Se utiliza más en empresas que tienen una línea de productos ampliamente diferenciados y con alto volumen de producción.

En empresas no manufactureras se denomina departamentalización por servicio. Algunos ejemplos son: en una universidad la agrupación puede hacerse por áreas de conocimiento, como departamento de ingeniería, de arquitectura o de ciencias; y en un hospital podría hacerse de acuerdo con los servicios principales prestados como cirugía, radiología, medicina interna, etc. En cualquiera de los casos, se busca agrupar bajo una sola unidad a todas las actividades y recursos requeridos, de ahí que cada unidad debe ser suficientemente grande y diferenciada, para que se justifique la asignación independiente de recursos físicos y de personal (ver figura 19).



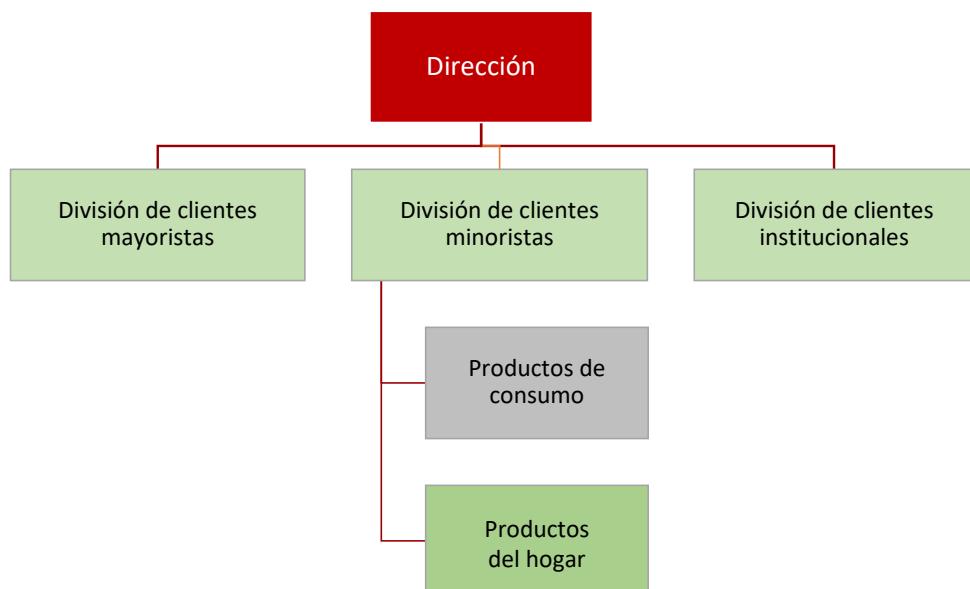
**Figura 19.** Tipos de departamentalización por producto

Algunas de las principales ventajas de la departamentalización por productos o servicios son: facilita la especialización y el control de cada unidad; permite mayor flexibilidad,

por ejemplo, en cuanto a tamaños de cada departamento; propicia la innovación y el desarrollo de nuevos productos o servicios dentro de la línea, o la eliminación de algunos no rentables; y confiere mayor autonomía en la toma de decisiones.

### **Departamentalización por clientes**

Cuando se trata de una empresa eminentemente orientada hacia los mercados y específicamente hacia las necesidades de cada cliente o consumidor, puede ser útil una estructura departamentalizada por grupos de clientes agrupados por edad, sexo, capacidad de compra, etc. Este modelo permite un mayor acercamiento, conocimiento y control de cada tipo de cliente, siempre y cuando la diferenciación entre los grupos justifique aumentar los costos. Por ejemplo, una gran comercializadora se podría departamentalizar de acuerdo con los diferentes canales de distribución: mayoristas, minoristas y grandes superficies (ver figura 20); para una empresa de servicios financieros la subdivisión puede ser: banca empresarial, banca personal y banca corporativa.

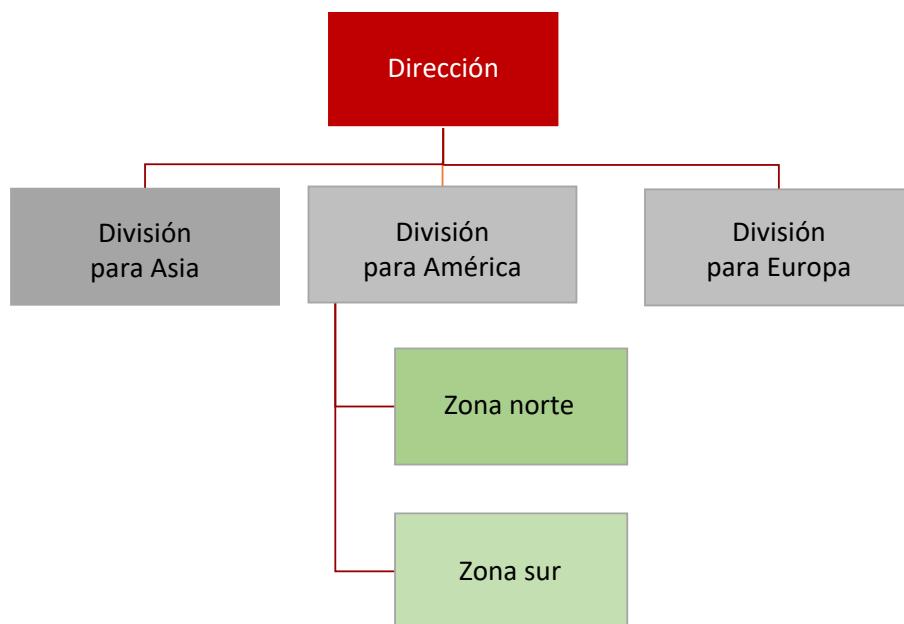


**Figura 20.** Tipo de departamentalización por cliente

## *Departamentalización geográfica*

Cuando las empresas se encuentran dispersas geográficamente y su escala de operaciones es elevada en cada territorio, es común que se utilice la departamentalización geográfica, según la cual se descentraliza toda la operación en cada una de las localidades de operación. Este proceso ofrece ventajas porque cada unidad o división goza de cierta autonomía, siguiendo las políticas y orientaciones de la casa matriz para no perder la unidad orgánica de la empresa.

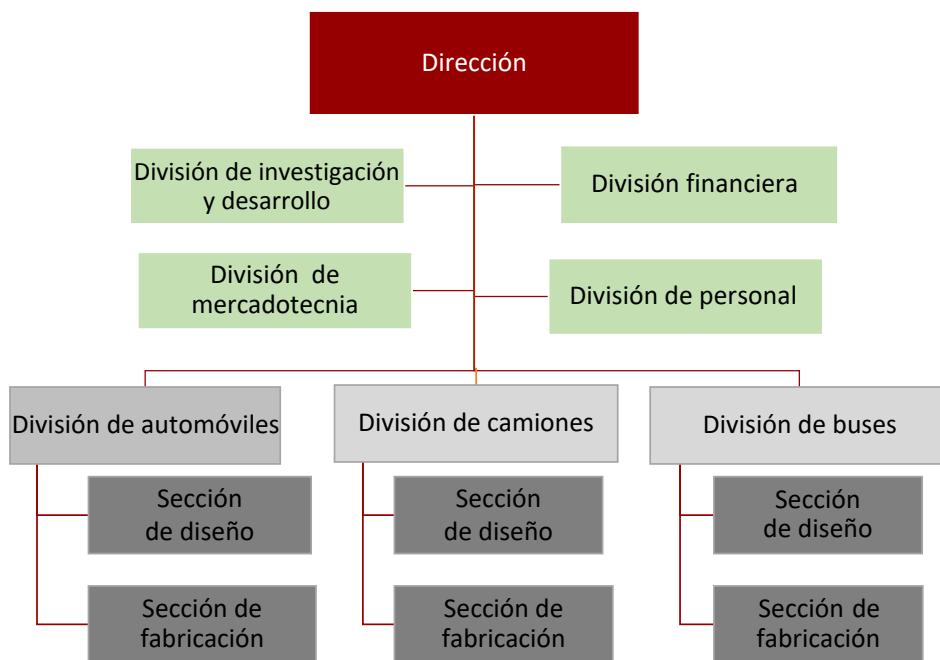
En grandes empresas, especialmente multinacionales, es común este tipo de departamentalización por las diferencias que pueden presentarse entre los países y que hacen conveniente la descentralización en la toma de decisiones. No obstante, en empresas medianas o grandes que operan en el mismo territorio es más común encontrar este tipo de departamentalización en los niveles intermedios de la organización, y una departamentalización por funciones en los niveles superiores. Este tipo es conocido como de departamentalización mixta (ver figura 21).



**Figura 21.** Departamentalización geográfica

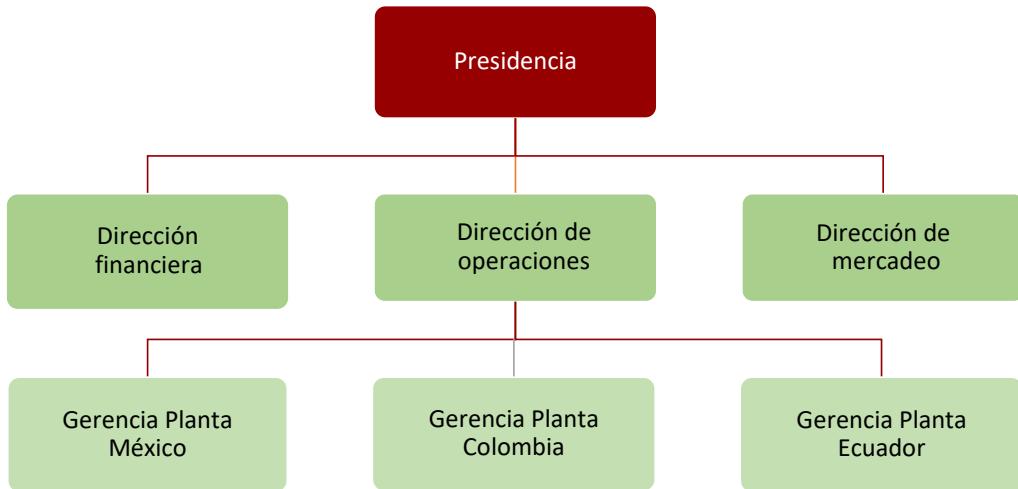
## *Departamentalización combinada*

Este tipo de departamentalización es quizá el más utilizado en empresas medianas y grandes por las ventajas que ofrece concentrar en el nivel jerárquico superior algunas de las funciones especializadas con autoridad funcional, y en los niveles intermedios departamentalizar por alguna de las formas vistas anteriormente, como producto, cliente, zona geográfica, etc. Por ejemplo, en el primer nivel jerárquico el criterio utilizado puede ser la división por funciones con el fin de mantener centralizada la dirección y el control de toda la empresa; mientras que en los niveles intermedios se organiza por tipo de producto dadas las diferencias entre cada uno. Por ejemplo, como se muestra en la figura 22, en la parte superior se encuentran las principales áreas de gestión, las cuales tienen autoridad funcional en su especialidad sobre las divisiones del área operacional. Sin embargo, todas tienen el mismo nivel jerárquico, dependiendo de la dirección.



**Figura 22.** Estructura orgánica departamentalizada por funciones y productos

La figura 23 se ilustra el esquema de una estructura organizacional típica de una empresa manufacturera multinacional con departamentalización combinada.



**Figura 23.** Estructura orgánica combinada por funciones y áreas geográficas

### *Unidades estratégicas de negocio*

A medida que aumenta el tamaño de la organización y se diversifican sus productos en el mercado e, incluso, hacia otros sectores de la economía, se hace más difícil diseñar estrategias comunes por la heterogeneidad de sus actividades, así como tener una sola estructura organizacional para todos los negocios que suelen subdividirse en unidades o divisiones de negocios separadas. Cada unidad diseña su propia estrategia y cuenta con recursos independientes, a partir de las llamadas unidades estratégicas de negocio (UEN), que generalmente son coordinadas desde una casa matriz. Cada UEN puede tener comportamientos diferentes en su rentabilidad y crecimiento, por lo que requieren estrategias adaptadas a las condiciones de cada una de sus actividades.

Las diferentes unidades pueden conformarse de acuerdo con el sector económico al que pertenecen, por ejemplo, bancos, industrias, compañías de seguros, empresas de comunicación, empresas de tecnología, etc., como también por líneas de productos, identificados por diferentes marcas, pero pertenecen a la misma empresa.

De acuerdo con Kotler y Keller, una UEN tiene tres características:

Es un solo negocio o un grupo de negocios relacionados cuya planeación puede realizar por separado del resto de la empresa. [...] Tiene su propio conjunto de competidores. [...] Tiene un gerente responsable de la planeación estratégica y las utilidades, el cual controla casi todos los factores que afecta las ganancias (2016, p. 42)

## Representación de la empresa por medio de organigramas

Un organigrama es un gráfico mediante el cual se representa la organización. Permite identificar los niveles jerárquicos, los departamentos o áreas y las relaciones formales que existen entre cada uno de los órganos o miembros de la empresa, así como los flujos de decisión y comunicación. Los organigramas se convierten en una herramienta importante para tener una rápida comprensión de la empresa; sin embargo, esto se logra de manera simplificada, dado que no permiten identificar aspectos como: las funciones específicas que se desarrollan en cada una de las áreas; la diversidad de actividades que se desarrollan; las decisiones que se toman en la empresa; las relaciones que se establecen entre personas y grupos informales; y el número de personas que tiene la empresa, puesto que en los niveles inferiores suele generalizarse a partir de conceptos como vendedores, operarios, etc.

## Tipos de organigrama

Existen muchos tipos de organigramas, que dependen de la información que se quiera presentar o de la utilidad que se le quiera dar para fines específicos. En función de la información, se clasifican entre generales y analíticos. Según la forma gráfica que se adopte pueden ser verticales, horizontales, mixtos o circulares. Los más comunes se describen a continuación.

### Organigramas generales

Muestran una visión general de la empresa, sus principales niveles de autoridad y los flujos de información en los diferentes niveles. En estos es fácil identificar las relaciones y la jerarquía establecida dentro de la organización.

## Organigramas analíticos

Muestran gráficamente la organización con mayor grado de detalle, desde los niveles superiores hasta los niveles inferiores, y las líneas de comunicación y delegación entre las diferentes dependencias.

## Organigramas verticales

Tienen forma piramidal y representan los niveles jerárquicos de arriba hacia abajo, desagregando los diferentes niveles jerárquicos en forma escalonada (ver figura 24). Desde el punto de vista de la mercadotecnia hay autores que proponen que este organigrama debería tener forma de pirámide invertida, graficando en la parte superior el nivel que se relaciona directamente con los clientes, y los demás niveles, con los que el cliente tiene contacto, deben asistir al primer nivel (ver figura 25). De acuerdo con lo anterior, la cabeza de la empresa debe situarse en la base de la pirámide, pues es el órgano que da soporte a todos los demás niveles para enfatizar en el servicio al cliente; sin embargo, las relaciones de autoridad y responsabilidad siguen ubicadas como en el enfoque clásico, donde la autoridad es ascendente y la responsabilidad descendente. De igual manera, las relaciones de coordinación son de abajo hacia arriba.

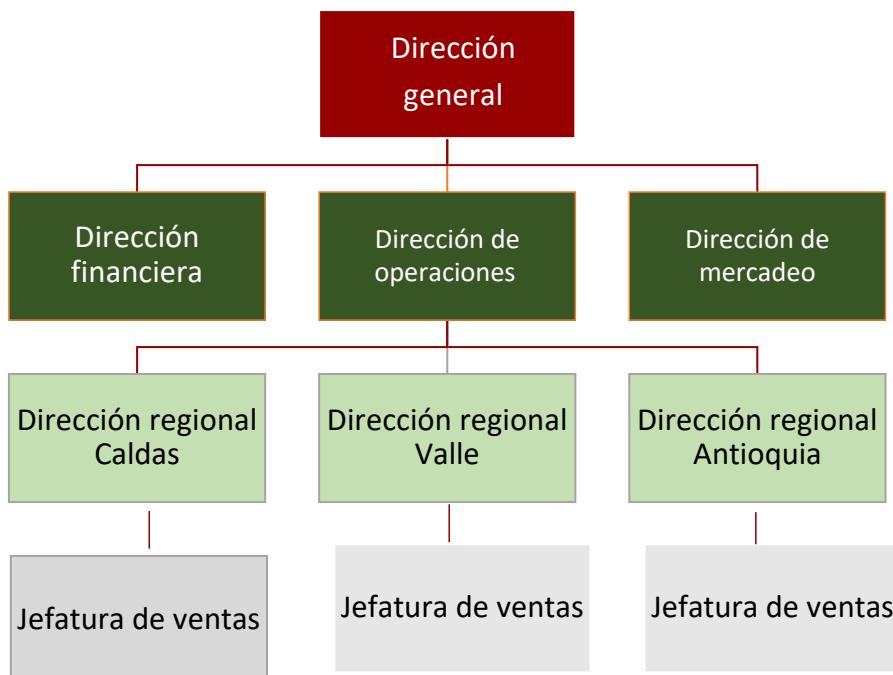
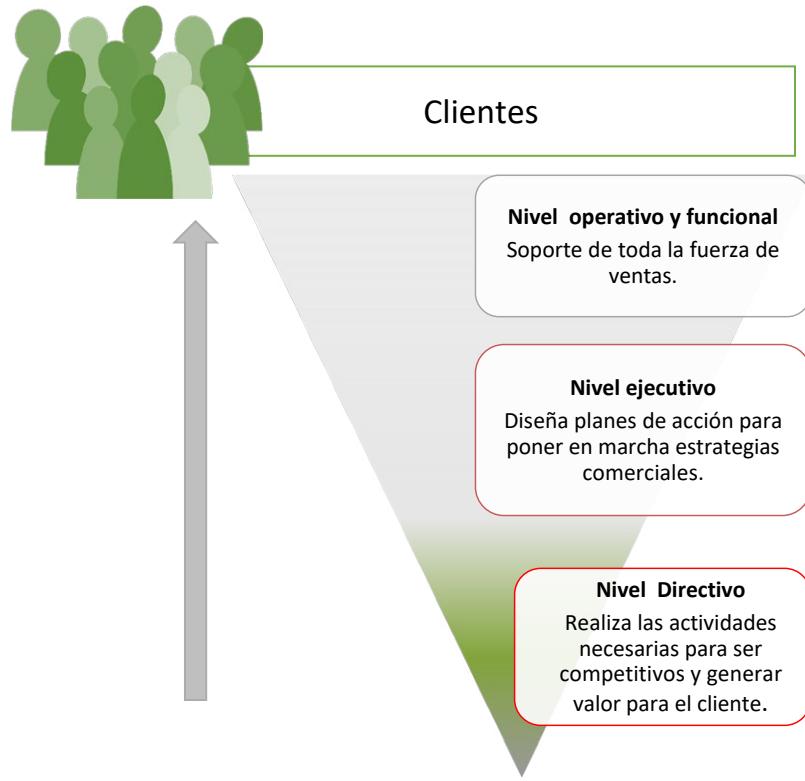
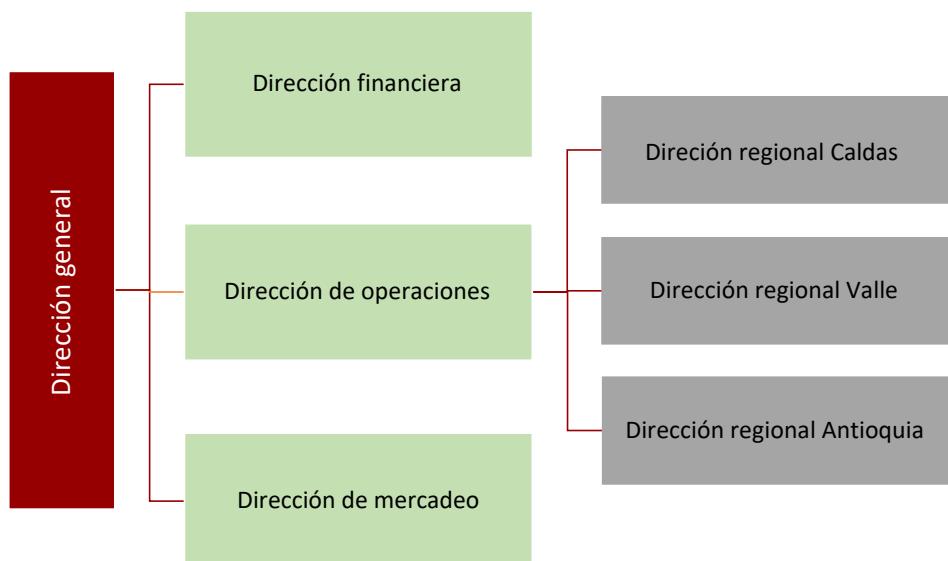


Figura 24. Forma de un organigrama vertical

**Figura 25.** Organigrama orientado al cliente

### Organigrama horizontal

La representación se hace de izquierda a derecha y los niveles superiores se ubican en el extremo izquierdo en forma de columnas; mientras que las relaciones de coordinación se representan por líneas dispuestas horizontalmente (ver figura 26).

**Figura 26.** Forma de un organigrama horizontal

## Organigramas mixtos o combinados

Son los más utilizados en la práctica, dado sus múltiples formas de representación que permiten combinaciones verticales y horizontales, con las cuales se preservan los diferentes niveles jerárquicos y las relaciones de coordinación o subordinación (ver figura 27).

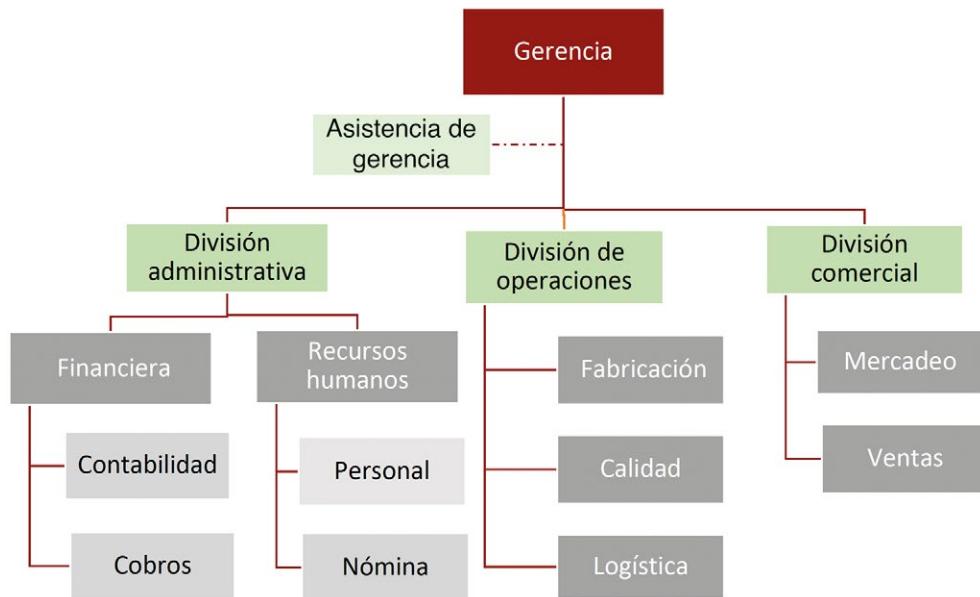


Figura 27. Organigramas mixtos o combinados

## Organigramas circulares

En los organigramas circulares los niveles se grafican mediante círculos concéntricos. Cada círculo simboliza los distintos niveles y en el núcleo del círculo se gráfica el nivel de la organización más alto (ver figura 28).

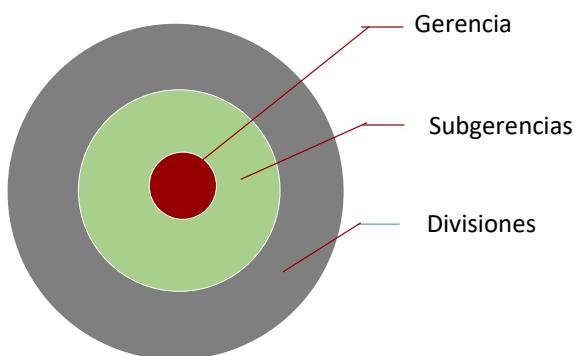


Figura 28. Una de las formas de organigrama circular



## **Capítulo 7. La empresa como sistema**

## Introducción

El enfoque clásico concebía a la empresa como una estructura jerárquica de cargos y relaciones debidamente organizadas por niveles, departamentos y áreas, cada uno con tareas y actividades debidamente establecidas en función del cumplimiento de los objetivos generales. Esta estructura determinaba la dinámica organizacional. Las diferentes teorías desarrolladas por los autores clásicos permitieron un avance notable en el conocimiento sobre el funcionamiento de las organizaciones, pero no llegaron a ahondar en los problemas inherentes al contexto organizativo.

Las organizaciones estudiadas a partir de la teoría general de sistemas (TGS) son concebidas como sistemas complejos y abiertos, conformadas por diferentes subsistemas, partes y componentes que desarrollan diversas funciones y se interrelacionan entre sí y con el medio para cumplir sus objetivos. Como sistemas complejos, se articulan en forma sinérgica y organizada, e internamente se conforman como un todo orgánico para cumplir con el propósito para el cual se crean, de ahí que los resultados del sistema total no dependen de un área funcional específica dentro de la organización, sino del concurso y articulación balanceada de todos los subsistemas o áreas de la empresa. Para comprender mejor el funcionamiento de la empresa como un sistema es importante conocer algunos conceptos básicos de la teoría general de sistemas.

## Conceptos básicos de la teoría general de sistemas (TGS)

Los conceptos generales que se derivan de la TGS han sido ampliamente abordados por múltiples escritores; sin embargo, este texto toma como base principal los estudios publicados entre 1986 y 1989, a través de diferentes ediciones de los primeros desarrolladores de las teorías, como son: Bertalanffy, sobre la TGS, Katz y Kahn, quienes se enfocaron en los sistemas sociales, dentro de los cuales se encuentran las organizaciones. Kast y Rosenzweig presentaron en 1973 el modelo de aplicación del enfoque de sistemas en la organización y la administración, a partir de la idea de que toda organización es un subsistema del sistema social.

## Concepto de sistema

Bertalanffy (1989), definió un sistema en su forma más simple como el conjunto de unidades u objetos entre los cuales existen relaciones y tienen un propósito u objetivo a lograr. Por su parte, Kast y Rosenzweig definieron un sistema como «Un todo unitario organizado, compuesto por dos o más partes componentes o subsistemas interdependientes y delineado por los límites identificables de su ambiente o supra sistema» (1998, p. 107).

Bertalanffy (1989) diferenció entre un sistema real y un sistema abstracto. Los sistemas abstractos pueden ser definidos por el ser humano para estudiar, alcanzar o realizar algo, y los sistemas reales pueden existir en la naturaleza. Por ejemplo, el ser humano, como sistema real, está compuesto por varios subsistemas que conforma un todo unitario y complejo, pero cada uno cumple una función propia que contribuye de diferente forma a mantener la vida.

Katz y Kahn (1986) se enfocaron en los sistemas abiertos que interactúan con el medio ambiente, a través de entradas (insumos) y salidas (productos), y que requieren adaptarse a las condiciones del medio para sobrevivir, por lo que están en continua transformación. Igualmente, señalan que están compuestos por partes interrelacionadas (subsistemas) y partes interdependientes que no se pueden comprender de manera aislada, sino con relación a la totalidad que las contiene.

### *Propiedades más importantes de los sistemas*

La TGS considera que comprender el comportamiento de un sistema implica entenderlo como una totalidad. Por lo tanto, al estudiar la realidad, generalmente no es suficiente analizar cada una de sus partes de forma independiente. Es necesario comprender no solo el sistema en sí mismo, sino también los sistemas en los que está inmerso. Además, es imprescindible entender tanto el comportamiento de cada parte individual como el comportamiento del sistema en su totalidad. De esta perspectiva surgen dos principios fundamentales: la sinergia y la recursividad.

## Sinergia

Por su naturaleza orgánica, una acción que ocasiona un cambio en alguna de las unidades del sistema producirá una transformación en el sistema total debido a las relaciones entre las partes, de allí se deriva uno de los principios más relevantes de dicha teoría: la sinergia. El término viene de los vocablos griegos syn (con) y ergos (trabajo), por lo que significa trabajo en conjunto. La RAE la define como «acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales», lo cual se interpreta en la TGS como el principio según el cual, cuando dos o más partes actúan en conjunto, producen un efecto mayor que el efecto sumado de las partes actuando individualmente.

A partir de este principio se establece que todo sistema tiene la propiedad de ser sinérgico, por lo que la acción conjunta y coordinada de todas las partes, en función de un objetivo, produce un efecto mayor al que hubiera podido esperarse de la suma de los efectos de cada una actuando por separado. Por otro lado, como consecuencia de las interacciones entre las partes o componentes, cuando alguno de los componentes no funciona adecuadamente se afecta el sistema total y por ello, al examinar el sistema en una de sus partes de forma aislada, no se puede explicar el comportamiento del todo. Un ejemplo de este comportamiento ocurre en el organismo humano, por lo que el ser humano es el sistema modelo de la mayoría de sistemas físicos y sociales. La sinergia es por lo tanto un concepto valioso para la teoría organizacional, por lo que es necesaria la acción conjunta entre los diversos componentes de la empresa para lograr su éxito.

## Recursividad

La recursividad representa la jerarquía de los sistemas e indica que todo sistema pertenece a un sistema mayor, por lo que existen subsistemas, sistemas y supra sistemas con propiedades similares. Es decir, un sistema está compuesto de subsistemas, cada uno de los cuales puede comportarse como un sistema separado o como una totalidad; sin embargo, es necesario diferenciar el subsistema de una parte o componente del mismo, dado que las partes no tienen todas las propiedades que tiene el sistema o subsistema. Por ejemplo, en una empresa una máquina es una parte del subsistema de producción, pero no es un subsistema en sí mismo por no reunir las características sinérgicas y funciones que deben cumplir tanto el sistema como el subsistema.

### *Homeostasis*

Es una de las características de los sistemas abiertos que tienen la capacidad de autorregularse, especialmente en un organismo vivo, para adaptarse a los cambios dinámicos del entorno, e internamente, están en capacidad de modificar las condiciones de los diferentes órganos para evitar un mal funcionamiento, manteniéndose estable y constante.

### *Equifinalidad*

Los sistemas abiertos se caracterizan por el principio de equifinalidad, que significa que el sistema puede llegar a su estado final y conseguir su estabilidad por diferentes medios, aun cuando varíen las condiciones iniciales, teniendo en cuenta que los resultados dependen en buena parte de la naturaleza del proceso y los parámetros del sistema.

### *Entropía*

Es un concepto derivado de la física, pero aplicado en la TGS, que se entiende como la característica común de los sistemas abiertos de pasar de un estado de orden a un estado de desorden, debido a que los sistemas pueden perder su estructura y cohesión con el paso del tiempo y sufrir desgastes, lo que hace necesaria la intervención de mecanismos de revisión y control permanente para evitar su desaparición.

### *Funciones que cumplen los subsistemas*

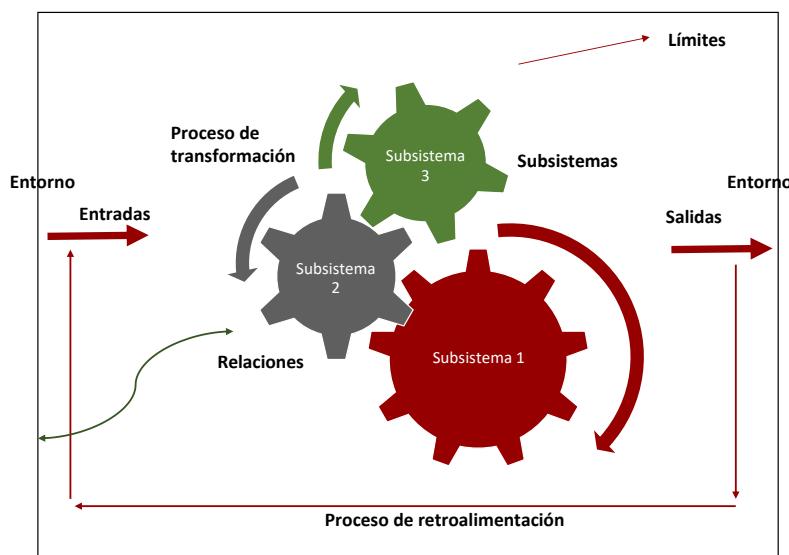
De acuerdo con Katz y Khan (1986, p. 57), los sistemas, así como los subsistemas, para ser viables y diferenciarse de las partes y componentes, deben cumplir ciertas características sistémicas y cumplir cinco funciones:

1. Funciones técnicas o de producción: encargadas de la transformación o procesamiento de los elementos provenientes del entorno para cumplir los objetivos del sistema.

2. Funciones de apoyo: son el soporte del sistema para proporcionar todos los elementos necesarios tanto para la transformación, como para establecer las relaciones de intercambio con el entorno, e internamente crear un ambiente favorable para la sostenibilidad del sistema.
3. Funciones de mantenimiento: encargadas de lograr que las partes permanezcan dentro del sistema y garantizar su estabilidad.
4. Funciones de adaptación: su objetivo fundamental es garantizar la sostenibilidad del sistema, para lo cual realiza los cambios que le permiten su adaptación.
5. Funciones de dirección y administración: son las encargadas de coordinar todas las actividades de cada uno de los subsistemas y tomar las decisiones necesarias para alcanzar los objetivos.

### ***Elementos que conforman un sistema***

Todo sistema se define y estructura a partir de los objetivos que debe cumplir y que son el conjunto de disposiciones que definen el propósito o finalidad del sistema. En una empresa se refiere a la razón para la que es creada. Todo sistema se compone de los elementos que aparecen en la figura 29.



**Figura 29.** Elementos de un sistema

### 1. Entradas y salidas

Un sistema, en su interrelación dinámica con el entorno, importa insumos del medio para poder operar, y exporta los productos o resultados de su actividad. Las entradas o *inputs* son los insumos que el sistema toma del medio y que corresponden a la energía, materiales e información requeridos para llevar a cabo su misión. Cuando se refiere al sistema empresarial, los insumos son cada uno de los factores y recursos que entran al sistema para su transformación, tales como información, materia prima, materiales, elementos, recursos financieros, datos, energía, etc.

Las salidas o *outputs* son los productos o resultados de la actividad del sistema que son exportados a su medio ambiente. Estas salidas pueden o no ser positivas, dependiendo de la forma en que afecten a su entorno. En un sistema empresarial las salidas se refieren a los productos, servicios, conocimiento, residuos, etc. En un sistema menor o subsistema, la salida del sistema se convierte en la entrada de otros de los subsistemas.

### 2. Proceso

El proceso de transformación toma los elementos que entran y los convierte en salidas. El sistema toma insumos del medio, los transforma o procesa, genera salidas y retoma información de salida para retroalimentar el sistema y realizar los correctivos del caso.

### 3. Relaciones

Los elementos de un sistema no solamente coexisten, sino que interactúan, y las relaciones son las que unen y le dan la esencia al sistema. Las relaciones son un factor importante porque también son las que permiten la interacción con el entorno. Las formas de relación fundamentales al interior de un sistema son la comunicación y la retroalimentación. Por medio de estos mecanismos, el sistema hace conocer su misión y es capaz de evaluar y controlar su cumplimiento.

#### *4. Límites del sistema*

Son las fronteras que existen o se crean conceptualmente para separar el sistema de su entorno; por ejemplo, entre la Tierra y el universo que la circunda existe un límite real. De forma similar en una empresa claramente definida existe un límite con respecto a los demás factores que están en el entorno, los cuales son fácilmente identificables; sin embargo, existen otros sistemas en los que los límites son difusos o pueden ser conceptualmente creados por el ser humano para efectos de su estudio, de tal manera que el analista del sistema pueda determinar qué considera que pertenece al sistema y, por ende, puede modificarlo. Por ejemplo, en un sistema empresarial se podría estudiar solo el subsistema técnico para observar su funcionamiento e intervenirlo para mejorarlo, para lo cual se trazan límites, por lo que los demás subsistemas de la empresa, al quedar por fuera de los límites trazados, pasan a ser parte del entorno, que debe ser considerado para analizar la influencia que tiene sobre el sistema analizado, pero no pueden ser modificados.

#### *5. Componentes y subsistemas*

Un sistema está conformado por diversas partes y subsistemas que integran un todo armónico. Los subsistemas son sistemas menores y, al igual que el sistema mayor, cumplen funciones completas de transformación de una parte del proceso para contribuir a los objetivos de otros sistemas de su mismo nivel y del sistema mayor. Las partes son las divisiones del subsistema que son indispensables para su funcionamiento, pero no son vitales para su supervivencia. Para que puedan considerarse subsistemas, se requieren ciertas características o funciones sistémicas que hacen que el sistema sea viable. Por ejemplo, en el sistema empresarial la máquina es solo una parte del subsistema técnico que, con todas sus piezas y componentes, es el encargado de la transformación.

#### *6. Medio ambiente o entorno*

Está constituido por todo lo que se encuentra afuera del sistema y, aunque no hace parte del mismo, debe ser tenido en cuenta pues lo afecta al determinar su conducta y dinámica. Se denomina microentorno al entorno más cercano con el cual el sistema se

relaciona en forma directa y constante. De este provienen las entradas, pero igualmente recibe los productos del sistema.

### *7. Proceso de retroalimentación*

Es el mecanismo mediante el cual se puede controlar o regular el funcionamiento del sistema con el fin de corregir posibles desviaciones entre las salidas obtenidas y lo programado. Al entrar nuevamente al sistema, se realizan los ajustes necesarios. La retroalimentación puede ser positiva, cuando impulsa al sistema para aumentar su rendimiento, o negativa, al aplicar medidas para detenerlo.

## **El sistema empresarial**

A partir de los diferentes conceptos desarrollados por la TGS, se produjeron cambios significativos en la teoría administrativa, al concebir la empresa como un sistema abierto y dinámico. Lo anterior contrasta con el enfoque clásico que, al estudiar la empresa como sistema cerrado, centró su atención en la organización interna y definió diferentes roles y funciones para lograr la dinámica organizacional y cumplir los objetivos. Los sistemas abiertos, como se expuso anteriormente, se caracterizan por su complejidad y dinamismo, así como por su dependencia a otros sistemas superiores en los que están involucrados, formando parte de un sistema compuesto por otros sistemas de nivel inferior. Cada sistema y subsistema cumple una función determinada y tiene cierta autonomía dentro de sus límites.

De acuerdo con el enfoque sistémico, la organización se concibe desde dos perspectivas: como un sistema abierto y como un sistema social. Según Katz y Kahn (1986), las organizaciones como sistemas sociales se caracterizan por estar conformadas por individuos o grupos interrelacionados que tienen un propósito común. Estos sistemas son ideados, planeados y construidos artificialmente por los seres humanos, lo que les permite tomar decisiones para crear, mantener y modificar el sistema. Las organizaciones sociales constituyen un sistema formalizado de funciones, normas y valores, sin tener límites claramente definidos como en los sistemas físicos. Además, hacen parte de un sistema mayor o supra sistema, como el sistema socioeconómico de un país, cumpliendo

así el principio de recursividad. En este contexto, se observa el principio de sinergia, donde el todo es mayor que la suma de sus partes, y los cambios en una parte afectan al sistema en su totalidad debido a las estrechas interrelaciones entre sus componentes.

Dentro de estos conceptos, es evidente que la empresa puede enfocarse como un sistema abierto que forma parte de otro sistema de orden superior, como el entorno socioeconómico en el que se encuentra y que le atribuye funciones, responsabilidades y autonomía para decidir el rumbo y dirección que debe tomar. Aun con lo anterior, la autonomía es restringida por la necesidad de responder a las necesidades y requerimientos del entorno para que sea sostenible y competitiva.

Enfocar la empresa como un sistema, a través de la articulación de todos sus componentes, no solo permite entender y mejorar su funcionamiento interno, sino también establecer las relaciones de la empresa con su entorno. Es decir, con todos los elementos que le permiten su adaptación al medio, de los cuales depende la dinámica y resultados del sistema total. Algunos de estos elementos pueden estar representados por los clientes, proveedores, competencia, gobierno, normas, leyes, etc.

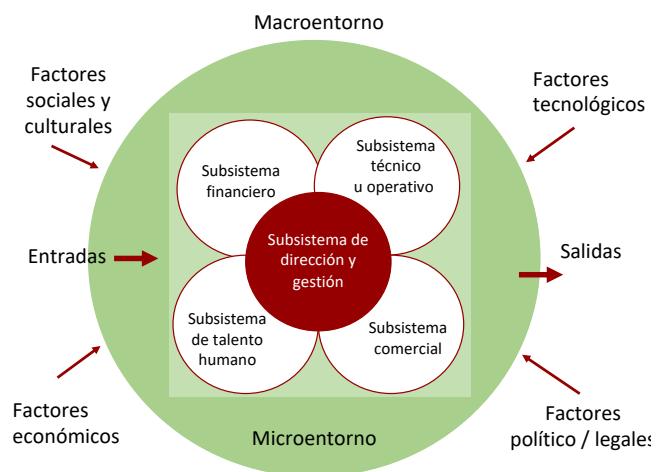
## La empresa y su entorno

Para Kast y Rosenzweig (1998), el medio ambiente o entorno es todo aquello externo a los límites de un sistema. En una organización está conformado por el conjunto de agentes con los que interactúa, como clientes, competidores, normas y políticas que lo regulan, los hechos y circunstancias -de tipo económico, social, etc.- que afectan su dinámica y funcionamiento de manera positiva o negativa, al representar para la empresa oportunidades y amenazas.

Los límites separan al sistema del medio en el que está incluido, y pueden ser establecidos de manera natural o definidos por el observador o analista con el fin de estudiar un sistema específico o un subsistema de la organización de manera independiente del sistema total para propósitos determinados. Establecer estos límites requiere una definición cuidadosa de qué elementos forman parte del sistema analizado y cuáles están por fuera, pero que pueden influenciarlo sin poder ser modificados.

Como sistema abierto, la empresa interactúa con su entorno en doble sentido. Por un lado, toma del entorno los elementos que requiere para desarrollar su actividad, tales como capital, trabajo, energía, información, materiales y materias primas. Por otro lado, después del proceso de transformación, devuelve al medio el resultado de su actividad a manera de salidas, representadas en bienes, servicios, información, nuevos conocimientos, etc.

El entorno de la empresa suele jerarquizarse como micro entorno, que es aquel con el cual se relaciona de manera específica y donde se generan interacciones mutuas. Por su parte, el macro entorno, denominado también genérico, es más lejano y afecta a todas las organizaciones de diferentes maneras. La figura 30 presenta un esquema del funcionamiento de la empresa como un sistema abierto, que interactúa con su medio o entorno más cercano (microentorno) y con su macroentorno definido por los límites reales o creados.



**Figura 30.** La empresa como sistema abierto, con base en el modelo de Kast y Rosenzweig

### Entorno general

El entorno general de la empresa, también conocido como entorno genérico o macroentorno, se refiere a todos los factores externos que influyen de manera directa e indirecta sobre las empresas y pueden afectar sus resultados de manera diferente. Estos aspectos, a pesar de ser incontrolables, deben tenerse en cuenta por parte de la empresa, pues pueden representar oportunidades para aprovechar o amenazas para enfrentar.

Los principales factores a considerar dentro del macro entorno son:

- a. Factores económicos: tienen un impacto elevado en el comportamiento de la empresa, pues esta es en sí misma una unidad económica. Tanto los hechos o fenómenos económicos, como las políticas económicas a nivel nacional e internacional, especialmente en los países donde se tiene un mayor intercambio comercial, afectan tanto al país en general como a la empresa. Estos factores pueden ser estructurales, como el grado de industrialización, el desarrollo económico y nivel de competitividad del país, así como la disponibilidad de recursos productivos e infraestructura para las operaciones. También factores coyunturales, como la tasa de cambio y el desempleo. Además, influyen otros factores de orden cíclico o temporal como los que se presentan a continuación:
  - El ciclo económico en que se encuentra la economía del país, ya sea en una fase recesión, expansión o estancamiento.
  - La política económica adoptada por el país, que influye en ámbitos como el nivel de empleo de la población, la producción de las empresas, el nivel de inflación, las condiciones del mercado o las tasas de interés que a su vez determinan las decisiones de financiación e inversión de la empresa.
  - Factores derivados de la economía internacional como la tasa de cambio y la situación de la balanza de pagos, que afectan no solo las importaciones o exportaciones de las empresas, sino también su competencia con los precios de productos en el exterior.
- b. Factores socioculturales: comprende aspectos que determinan la demanda y oferta de bienes y servicios, tales como el tamaño y composición de la población, el nivel de formación cultural o profesional, la distribución de la renta, el nivel económico de los habitantes, los hábitos de consumo, la capacidad de ahorro y la calidad de vida. También incluye las costumbres y creencias de la sociedad, que influyen en el comportamiento de los consumidores a los que se dirige la empresa.
- c. Factores político-legales: se refieren a las políticas e incentivos que definen los países para promover el desarrollo de las empresas y facilitar el comercio entre países. Dentro de estas se encuentran las leyes, normas, reglamentos, impuestos y subsidios, que afectan, regulan o incentivan la actividad de las empresas.

- d. Factores tecnológicos: corresponden a los cambios en el entorno científico y tecnológico, como es el caso de la innovación en todos los campos. Estos, además, influyen directa o indirectamente en los resultados de la empresa, afectan tanto a la oferta como a la demanda, y representan oportunidades y amenazas para las empresas.

### ***Entorno específico***

También es conocido como microentorno por ser aquel conjunto de variables, fuerzas, factores, clientes, proveedores, competidores, que, pese a no ser parte de la empresa, se relacionan en forma permanente con esta, por lo que sus actuaciones la afectan de manera directa. Determinan las condiciones del funcionamiento, desarrollo y posibilidades de competir en el sector en que se desempeñan y limitan en gran medida sus decisiones estratégicas. Algunos de los factores más determinantes del entorno específico son:

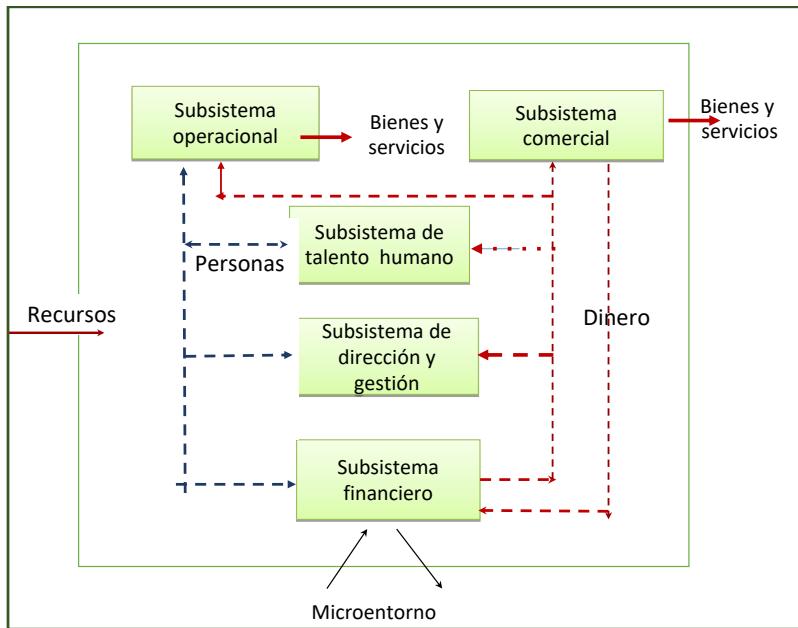
- a. Competencia: conformada por los competidores actuales que ofertan el mismo producto que la empresa, o productos similares y sustitutos. Las variaciones en la competencia, así como como la amenaza por la entrada de nuevos competidores, demandan cambios internos en la empresa para hacerle frente a la amenaza que representan, o para aprovechar las oportunidades a través de estrategias de diferenciación.
- b. Proveedores: dentro de este grupo se encuentran todas las empresas, personas o instituciones que le suministran bienes y servicios a la empresa, y que son destinados para la producción de sus propios bienes y servicios. Deben tenerse en cuenta factores como el número y tamaño de los proveedores, el poder de negociación, la localización, etc.
- c. Clientes: determinan en buena parte los resultados de la empresa, por lo que son una variable importante del entorno. Por ejemplo, pueden presentarse cambios en los gustos o preferencias con relación a un producto determinado, o fluctuaciones en la capacidad económica de los clientes. Los clientes pueden ser las personas, instituciones, empresas y en general todos los que requieren, consumen o usan el producto o servicio.

- d. Intermediarios: son las empresas, instituciones o personas que facilitan la llegada del producto de la empresa al consumidor final. Así pues, representan un canal de relacionamiento y comunicación entre la empresa y los clientes, asumiendo funciones como la promoción de la venta y la distribución de productos. Se incluyen dentro de este grupo mayoristas y minoristas que compran y revenden mercancías o intermedian en la prestación del servicio.

## Subsistemas de la empresa

Desde el enfoque sistémico, la empresa se considera como un sistema de orden superior que está inmerso en un supra sistema. Para el cumplimiento de sus objetivos se puede descomponer en subsistemas, cada uno de los cuales cumple una función específica y diferenciada, que aporta al sistema total. Los subsistemas, a su vez, se comportan como nuevos sistemas que mantienen relaciones jerárquicas y de dependencia. El modelo de Kast y Rosenzweig representa la empresa a partir de los subsistemas que cumplen las principales funciones de la organización, como son dirección y gestión, financiero, comercial, técnico y talento humano, como se ilustra en la figura 30. Desde una perspectiva metodológica, es el más utilizado para entender el funcionamiento de la empresa.

Los subsistemas desempeñan funciones específicas y disponen de los recursos necesarios para su funcionamiento. Existe una interrelación entre los diferentes subsistemas, donde las entradas de cada uno se transforman y se convierten en las salidas de otros subsistemas, con lo que se establece una relación de tipo cliente-proveedor dentro de la propia organización. Cada subsistema depende de los otros (como cliente) y les proporciona la información y el valor agregado necesario para sus actividades (proveedor). Por ejemplo, el subsistema financiero, en estrecha interdependencia con los demás subsistemas, se encarga de la captación, administración y control de los recursos financieros, y suministra a los demás subsistemas los recursos y la información requerida para su funcionamiento. Esta relación se muestra en la figura 31, aportada por Domínguez, *et al.* (2005) y adaptada para facilitar la comprensión.



**Figura 31.** Diferentes subsistemas de la empresa y su interacción

Fuente: adaptado de Domínguez, et al. (2005).

### *Principales subsistemas y su función*

Cada uno de los subsistemas de la empresa cumple una función específica vinculada con el sistema global. Asimismo, se relaciona e interactúa con los demás subsistemas y en forma directa o indirecta con el entorno.

#### *Subsistema de dirección y control*

El subsistema directivo se constituye como el cerebro de la organización. Por lo tanto, es el responsable de definir los objetivos globales de la empresa y de la formulación de las estrategias que le permitan competir, adaptarse y relacionarse con el entorno. También asume tareas como la planeación, organización coordinación y disposición de todos los recursos para el desarrollo y crecimiento armónico de todo el sistema, incluyendo sus componentes y subsistemas.

En el subsistema de dirección se cuenta con cinco funciones principales: (1) formular claramente los fines y objetivos a largo plazo de la empresa; (2) definir los planes y estrategias para alcanzar los objetivos; (3) conseguir, organizar y distribuir armónicamente todos los recursos requeridos para el cumplimiento de los objetivos de la empresa; (4) establecer las relaciones y comunicaciones con el entorno, y entre cada uno de los subsistemas; y (5) controlar y verificar que los resultados cumplen con lo previsto en el plan de la empresa y, de este modo, establecer las acciones correctivas.

### *Subsistema técnico*

Denominado también como subsistema de producción o subsistema de operaciones, es el encargado de obtener los bienes y servicios para los que ha sido creada la empresa. Kast y Rosenzweig señalan que «[...] incluye manifestaciones físicas como las maquinarias y herramientas, pero también técnicas intelectuales y procesos utilizados para resolver problemas y obtener resultados deseados» (1998, p. 217). En consecuencia, comprende las funciones relacionadas con el aprovisionamiento, producción y distribución de los productos o servicios de la empresa.

La función de aprovisionamiento involucra las operaciones conocidas comúnmente como logística interna. dentro de estas se encuentran: la planeación y programación de las materias primas, materiales, insumos y demás recursos requeridos para el proceso productivo de la empresa; el estudio y selección de ofertas de proveedores, para establecer relaciones y acuerdos teniendo en cuenta las especificaciones y calidades requeridas; la recepción de los materiales, que implica la inspección de la calidad y la cantidad; el almacenamiento, y gestión de almacén e inventarios; finalmente, el suministro de los materiales e insumos a las diferentes dependencias y secciones.

La función de producción es la encargada de diseñar la operación para la prestación del servicio, con base en la información proveniente del subsistema comercial sobre los requerimientos y cantidades necesarias. Además, también le corresponde la transformación de materiales y materias primas en bienes y productos. Dentro de sus tareas se encuentran: diseñar, adaptar, planear y coordinar la ejecución y control de la operación; definir la tecnología de maquinaria y equipo requerida para la obtención del bien o la prestación del servicio; controlar la calidad del proceso y del producto; programar

la operación y la capacidad de producción; desarrollar la ingeniería del producto y la ingeniería de la planta; establecer los métodos de trabajo y de fabricación; Definir los estándares; y realizar propuestas para encontrar formas de operación más eficientes.

La función de distribución de los productos de la empresa es el proceso que permite que los productos sean recibidos por el cliente, desde el proveedor o fabricante hasta el punto de venta. La distribución implica varias actividades y procesos, como transporte, embalaje, almacenamiento, inventario y logística. Es muy importante, dado que influye de manera directa en la eficiencia de las operaciones y en la satisfacción del cliente.

### *Subsistema comercial*

Es el subsistema que administra las relaciones directas con los clientes en función de la venta, distribución, promoción e investigación de las necesidades de los clientes, incluyendo sus gustos e inconformidades, para seleccionar los bienes y servicios que pueden satisfacerlos. El subsistema de comercialización provee la información al subsistema técnico para la función de aprovisionamiento y producción, y al financiero para proveer los recursos para la producción. Además, desarrolla actividades como: conocer las necesidades, gustos, productos o servicios con los que se puedan satisfacer las demandas del mercado; estimar el tamaño del mercado para definir las cantidades a producir; definir los medios, canales y sistemas de distribución y comercialización del producto; tomar decisiones sobre el producto, tales como su precio, promoción y publicidad; monitorear el macroentorno (factores externos) y el microentorno (clientes y competencia); realizar las ventas y postventas; y acompañar el servicio al cliente.

### *Subsistema financiero*

El subsistema financiero cumple dos funciones: el financiamiento y la inversión. La función de financiamiento consiste en obtener y proveer a los demás subsistemas los recursos monetarios requeridos para la operación y el funcionamiento del sistema, así como su administración y control. La función de inversión define cómo usar los recursos monetarios de la empresa, bien sea que provengan de excedentes o de préstamos adquiridos, para invertirlos en la empresa o en la compra de bienes o activos financieros que permitan el incremento de la rentabilidad.

Las principales actividades y decisiones del subsistema financiero son: asumir la planificación, administración y control de los recursos económicos de la empresa; buscar y evaluar fuentes de financiamiento para la empresa; tomar decisiones sobre adquisición de bienes y equipos, inversiones en activos circulantes, proyectos a emprender, etc.; realizar los diferentes procesos de tesorería (recaudos y pagos), presupuesto (proyección de ingresos, gastos y rentabilidad) y gestión de cobros (cartera); y manejar la contabilidad que implica el registro de todas las operaciones monetarias de la empresa.

### *Subsistema de recursos humanos*

La función de recursos humanos tiene como responsabilidad dotar a la empresa del personal requerido para el desarrollo de todas sus actividades. Para este fin, establece los perfiles de cada puesto de trabajo con base en los requerimientos de cada uno de los demás subsistemas. Las principales funciones de este subsistema corresponden a: planear el personal requerido para las diferentes actividades y tareas; definir las competencias para cada puesto de trabajo; diseñar procesos de selección para contratar a las personas más adecuadas para la empresa; entrenar al personal en las funciones de sus puestos de trabajo; organizar actividades para el desarrollo del personal; evaluar el desempeño de los trabajadores y desarrollar planes de carrera; y crear políticas de remuneración y sistemas de incentivos.

### *Subsistema de información*

Entre la empresa, su entorno y los diferentes subsistemas se generan flujos de información que conforman una red de comunicación que permite la toma de decisiones y el desarrollo de funciones para el logro de los objetivos fijados. Por tanto, el subsistema de información comprende todas las partes y componentes que intervienen en este proceso, tales como datos de los usuarios o receptores de la información, los equipos requeridos, los medios utilizados, los sistemas de análisis de datos (software), los sistemas técnicos de comunicación y soportes de información como documentos, bases de datos, etc.



## **Capítulo 8. La empresa como un sistema de valor**

## Introducción

Este texto ha hecho énfasis en dos enfoques para analizar y definir la empresa: el clásico y el que concibe a la empresa como sistemas complejos y abiertos. El enfoque clásico fue desarrollado en las primeras etapas de las diferentes escuelas de administración, que concebían la empresa como una organización jerárquica con una estructura de roles y funciones organizadas de diferentes formas para asegurar el cumplimiento de objetivos. El segundo enfoque concibió la empresa, y en general a las organizaciones, como sistemas complejos y abiertos que desarrollan múltiples funciones para cumplir sus objetivos, para lo que es necesario interactuar de forma permanente con su entorno.

A partir de los años ochenta, ante la necesidad de las empresas de subsistir en un mundo cada vez más cambiante, se empezó a visualizar a la empresa con un enfoque en el cliente y mayor orientación al desarrollo de las ventajas competitivas que aparecieron gracias al fenómeno de la globalización, lo que provocó el surgimiento de nuevas teorías y contribuciones sobre el desarrollo organizacional. Dentro de estas contribuciones emergió el concepto de cadena de valor, que fue planteado por diversos autores, pero desarrollado a profundidad en 1985 por el profesor Michael E. Porter, de la Escuela de Negocios de Harvard. Porter publicó su obra sobre la ventaja competitiva, que ha tenido gran aplicación, razón por la cual la edición original ha tenido más de treinta y ocho reimpresiones y se traducido a trece lenguas. Frente al enfoque clásico y de sistemas, Porter plantea que:

La ventaja competitiva no puede ser comprendida viendo a una empresa como un todo. Radica en las muchas actividades discretas que desempeña una empresa en el diseño, producción, mercadotecnia, entrega y apoyo de sus productos. Cada una de estas actividades contribuye a la posición de un costo relativo de las empresas y crea una base para la diferenciación (2015, p. 51).

En las siguientes secciones se desagregan cada uno de estos conceptos, tomados esencialmente del libro de Porter, razón por la cual se evitan las referencias en cada parte del texto y solamente se incluirán en las citas textuales.

## Concepto de cadena de valor

El concepto de cadena se relaciona con una serie de eslabones entrelazados entre sí. También se utiliza para nombrar un conjunto de personas que se unen para un fin determinado, o a la sucesión de hechos encadenados. Porter toma el concepto de cadena para analizar cada una de las actividades de la empresa como eslabones unidos que se suman para generar ventajas competitivas frente a los competidores, y posteriormente la denominó cadena de valor. La cadena de valor es definida como: «Una manera sistemática de analizar todas las actividades que una empresa desempeña y la manera que deben interactuar para generar una ventaja competitiva» (Porter, 2015, p. 51).

Este concepto ha cobrado gran vigencia y ha representado una ruptura radical con el análisis convencional sobre la empresa. Actualmente, pocos enfoques y metodologías desconocen el concepto de valor y de cadena de valor.

Cada área o proceso dentro de la organización hace parte de una cadena, y la forma como se organicen sus eslabones o áreas puede aportar al valor superior, que es percibido por el cliente al adquirir y usar un producto o servicio, y por el cual estaría dispuesto a pagar más o menos dinero. Por lo tanto, es una fuente potencial de diferenciación frente a los competidores. Para Porter, el concepto de valor en términos competitivos difiere del costo y del precio del producto, dado que el valor tiene una connotación más subjetiva, al ser la cantidad que los clientes están dispuestos a pagar por lo que la empresa les ofrece.

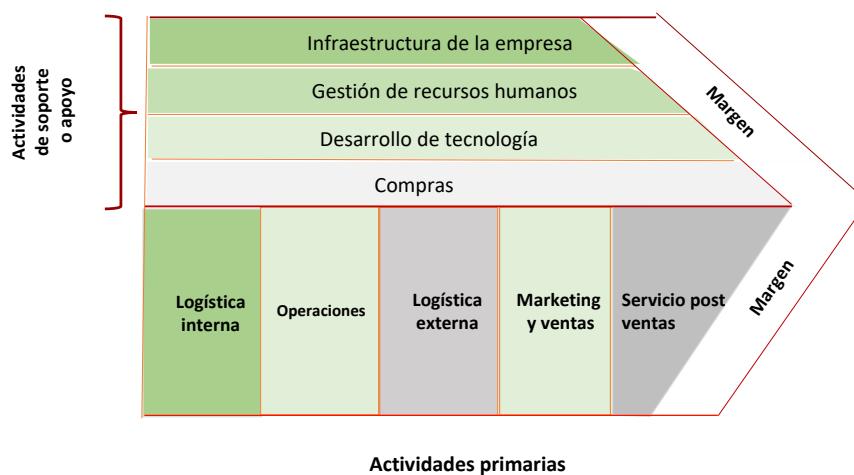
## Enfoque de la empresa como cadena de valor

A diferencia del enfoque clásico que analiza la empresa a través de las diferentes funciones de mercadeo, producción, finanzas, recursos humanos, etc.; sus responsabilidades en el cumplimiento de los objetivos; y el enfoque de la empresa como sistema empresarial que analiza el desempeño de la empresa a partir de la integración entre sus partes y de sus interrelaciones con el entorno, Porter, interpreta la empresa como «un conjunto de actividades cuyo fin es diseñar, fabricar, comercializar, entregar y apoyar su producto» (2015, p. 52). Además, realiza la distinción entre las actividades principales y las secundarias, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva, por

lo que señala que «una empresa obtiene la ventaja competitiva, desempeñando estas actividades (de la cadena de valor) estratégicamente importantes más barato o mejor que sus competidores» (2015, p. 52).

El enfoque de cadena de valor, por lo tanto, visualiza la empresa como una cadena integrada por un conjunto de actividades que abarcan desde el diseño del producto, la adquisición de las materias primas, la producción, la distribución y la venta, hasta la entrega al cliente final. Cada una de las actividades está orientada a la creación de valor para el cliente final. Bajo esta perspectiva, se define como objetivo de la empresa la maximización de su valor, frente al objetivo de los otros enfoques que era la maximización de beneficios.

La figura 32 fue desarrollada por Porter, para representar la cadena de valor genérica de una empresa manufacturera, en la cual define cada una de las actividades primarias, de apoyo y la forma como se ordenan e integran, en función de la generación de valor.



**Figura 32.** Cadena de valor genérica

**Fuente:** Porter, (2015, p. 55).

La forma de producir valor agregado difiere significativamente de una empresa a otra. Es decir, la manera en que cada organización agrega valor (público o privado) a sus clientes o usuarios puede variar radicalmente, según factores como la simplicidad y calidad de sus procesos, su mayor o menor productividad, sus procesos de toma de decisiones, etc. Igualmente, Porter establece que «La ventaja competitiva crece fundamentalmente en razón del valor que una empresa es capaz de generar» (2015, p. 53);

pero agrega que esa ventaja competitiva se obtiene si se comprende que la cadena de valor está inmersa en un sistema más grande de actividades que denominó «sistema de valor» (2015, p. 51). Este sistema está conformado por las cadenas de valor de la empresa, los distribuidores y los compradores, formando una red de alianzas verticales o estratégicas para obtener beneficios mutuos.

## Actividades de valor

Las actividades de valor se refieren a las diferentes acciones llevadas a cabo por la empresa, las cuales se dividen en actividades primarias y actividades de apoyo. Las actividades primarias son aquellas que generan directamente un mayor valor para el cliente, ya que están implicadas en la creación física del producto, desde su producción hasta la entrega al cliente final. En el caso de una empresa manufacturera, estas actividades incluyen la fabricación, comercialización y entrega del producto. Por otro lado, las actividades de apoyo respaldan y complementan a las actividades primarias para la generación de valor. En una empresa manufacturera, las funciones administrativas y de apoyo desempeñan un papel crucial en respaldar las funciones esenciales. En el contexto de una empresa de servicios, las operaciones que intervienen directamente en la prestación del servicio son las que generan valor, mientras que las funciones administrativas y de apoyo brindan el respaldo necesario.

Es así como cada una de las actividades, tanto primarias como de apoyo, generan valor sobre el producto final, al cual le deben ser descontados los costos asociados a cada actividad, lo cual da como resultado una diferencia que se denomina margen o beneficio, que se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Valor Creado por la empresa} = \Sigma (\text{Valor de cada actividad} - \text{Costo de la actividad})$$

## Actividades primarias

Son las actividades involucradas en la obtención directa de valor y, por ende, son importantes para la ventaja competitiva. Por ejemplo, en una empresa manufacturera están relacionadas con la producción física del bien, e incluye procesos como la

adquisición de los elementos necesarios para la producción, comercialización, distribución, entrega y la asistencia a los consumidores después de la venta. Las actividades primarias se agrupan en las cinco categorías que aparecen en la figura 33.



**Figura 33.** Actividades primarias de la cadena de valor

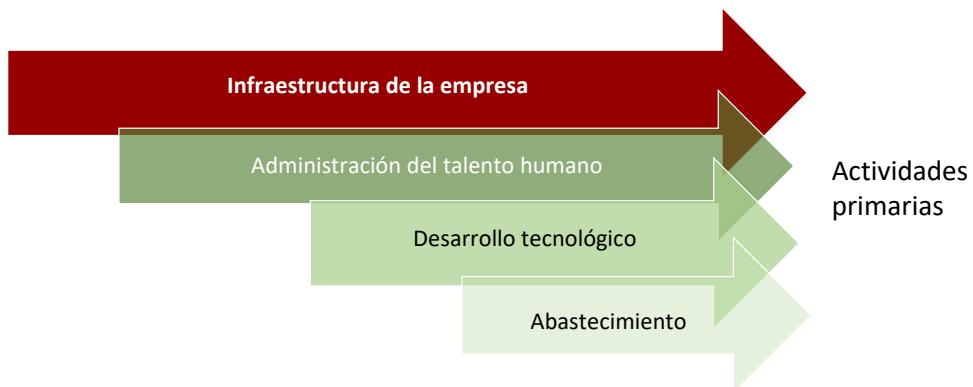
En empresas no manufactureras las actividades primarias se subdividen en actividades de valor distintas, pero pueden diferir de una empresa a otra en cuanto a la relevancia en la generación de ventajas competitivas. Por ejemplo, en un banco las operaciones relacionadas con la prestación del servicio como captación y colocación de fondos, servicio al cliente y marketing, son las actividades clave, y la logística interna y externa puede considerarse como una actividad de apoyo. Por su parte, en una empresa de mensajería la logística, tanto interna como externa, puede ser la más relevante; sin embargo, todas las actividades están presentes en el funcionamiento de la empresa.

1. Las subactividades asociadas a las actividades primarias, según Porter (2015, p. 57), se agrupan en cinco categorías:
2. Logística interna: incluye las actividades relacionadas con la recepción, almacenamiento, manejo de materiales, almacenaje, control de inventario, programación de vehículos y devoluciones de proveedores. En general, se refiere a todas las acciones internas que se realizan en función del proceso.
3. Operaciones: actividades mediante las cuales se transforman los insumos en el producto final o se realizan para la producción del servicio. Algunos ejemplos son: maquinado, empaquetado, ensamblaje, mantenimiento de equipo, realización de pruebas, impresión y operaciones de planta.

4. Logística externa o de salida: actividades por las que se obtiene, almacena y distribuye el producto entre los clientes, por ejemplo: almacenamiento de productos terminados, operación de vehículos para la distribución, y procesamiento y programación de pedidos.
5. Mercadotecnia y ventas: actividades mediante las cuales la empresa entrega el bien o el servicio al medio externo para que los compradores puedan adquirirlo. En esta categoría se encuentran actividades como la publicidad, promoción, fuerza de ventas, cotizaciones, selección de canales, relaciones entre canales y fijación de precios.
6. Servicio: incluye las actividades con las que la empresa garantiza el valor del producto ante defectos, Inconformidades o mejoras, así como la agregación de valor con servicios como instalación, capacitación, suministro de partes y ajuste del producto.

## Actividades de apoyo

Son aquellas que apoyan las actividades primarias y brindan el soporte necesario para la operación. Son transversales a toda la empresa y se subdividen en cuatro niveles (ver figura 34):



**Figura 34.** Actividades de soporte o apoyo

Las actividades de apoyo, al igual que las actividades primarias, pueden desagregarse en cuatro subactividades de orden más específico:

1. Infraestructura de la empresa: agrupa las diferentes actividades, esencialmente administrativas, que están orientadas a la planeación, financiación, contabilidad, manejo de asuntos legales, organización y administración de calidad. Estas actividades también pueden convertirse en fuentes importantes de ventaja competitiva, porque, por ejemplo, de una buena planeación dependen en buena parte los resultados de la empresa.
2. Administración de recursos humanos: apoya tanto las actividades primarias como a las demás de soporte en aspectos de la gestión del personal de la empresa, como el reclutamiento, selección, contratación, capacitación, desarrollo, compensación de personal y negociación. Porter señala que la administración de recursos humanos «[...] influye en la ventaja competitiva de la empresa, pues determina las habilidades y la motivación del personal, así como el costo de contratarlo y entrenarlo; en algunas empresas incluso, puede representar la esencia de su ventaja competitiva» (2015, p. 60).
3. Desarrollo tecnológico: agrupa todas las actividades relacionadas con la aplicación de conocimientos para el diseño de productos, los equipos para procesos, los componentes y los conocimientos referidos a la selección de la maquinaria y el equipo. En general, se refiere a todas las acciones enfocadas a mejorar el producto y el proceso.
4. Abastecimiento: función de adquisición de todos los elementos necesarios para la cadena de valor, tales como insumos, componentes, materiales, materia prima, suministros, servicios de alimentación, equipo de oficina, maquinaria y equipo. También incluye las acciones orientadas a mejorar la adquisición, como la selección de proveedores.

## Tipos de actividad

Dentro de cada categoría de actividades primarias y de apoyo existen actividades directas, indirectas y de aseguramiento de calidad. Su relevancia está en el impacto que tienen en la creación de la ventaja competitiva para la empresa. Las actividades directas están implicadas en la creación del valor para el comprador, y las indirectas, aunque

no están relacionadas directamente con el valor percibido por el cliente, son necesarias para el buen desempeño y costo de las actividades directas. En muchos sectores industriales las actividades indirectas representan una parte importante de los costos, por lo que pueden ser un factor de diferenciación valioso a través de su efecto en las actividades directas.

De otra parte, las actividades de aseguramiento de calidad están enfocadas a garantizar la calidad de cada operación, y pueden ser de supervisión, monitoreo, inspección, prueba, revisión y ajuste. Cabe anotar, que todas las empresas pueden diferir en la forma como se desempeñan y se relacionan con sus clientes, aun cuando pertenezcan al mismo sector industrial, tengan cadenas de valor similares a las cadenas de sus competidores e, incluso, ofrezcan los mismos productos y servicios.

## Usos de la cadena de valor para la evaluación de la empresa

La cadena de valor se ha convertido en un método de análisis y evaluación aplicable a cualquier tipo de organización, dado que permite: observar la posición de la empresa en su entorno, detectar sus potencialidades y debilidades, identificar sus principales fuentes de diferenciación, describir cada una de sus operaciones y procesos, así como el comportamiento de los costos individuales en función del margen total.

Con el fin de cumplir los objetivos, el diagnóstico debe enfocarse en cinco aspectos: (1) analizar las principales actividades de la empresa en aspectos específicos como calidad, volumen, facilidad de obtención, costos, rapidez de entrega, etc.; (2) fortalecer el rendimiento e interacción entre los eslabones, de tal manera que las actividades primarias puedan desarrollarse efectivamente y, como su nombre lo indica, las actividades de apoyo soporten las actividades claves, lo que demanda cooperación de las áreas y departamentos de la empresa; (3) analizar las relaciones y acuerdos existentes que tiene la empresa con los componentes externos, tales como proveedores, distribuidores y canales, con el fin de aumentar la eficiencia del sistema total; (4) analizar el entorno para detectar y reaccionar ante los cambios y movimientos del mercado en el sector al que pertenece; y (5) diseñar las acciones y actividades para generar valor para el cliente y aumentar las ventajas competitivas.

## Sistema de valor

Como se expuso anteriormente, y de acuerdo con Porter (2015, p. 51), la cadena de valor de una empresa está inmersa dentro de un sistema más amplio de actividades que denominó sistema de valor, el cual está integrado por los proveedores, canales de distribución y compradores. A su vez, cada uno tiene sus propias cadenas de valor, que pueden influir significativamente en el desempeño interno de la empresa. Para obtener ventajas competitivas, la empresa no solo debe gestionar su cadena de valor, sino también su sistema de valor con los diferentes agentes externos que hacen parte del sistema dentro de un sector industrial específico o en sectores conexos (por ejemplo, el sector textil-confecciones) que, de alguna manera, contribuyen o intervienen en la empresa.

Dichos agentes conforman a la vez cadenas de valor que están estrechamente relacionadas entre sí, con los que generan nexos conocidos como verticales, para conformar una red de alianzas estratégicas que les permitan beneficios mutuos. La forma como los proveedores o canales efectúan las actividades va a incidir en el desempeño interno de las diferentes actividades de la empresa y en su costo.

### Las cadenas de valor de los proveedores

Los proveedores, en su función de proporcionar todo tipo de elementos, suministros, materiales, etc., deben incurrir en costos de producción y despacho hacia sus clientes, con lo que influyen directamente en los costos de la empresa, en la calidad de sus productos, o en sus capacidades de diferenciación.

### Las cadenas de valor de los canales

A partir de la consideración del papel de los canales de distribución y entrega de productos en una empresa, es importante tener en cuenta que las actividades desarrolladas por los distribuidores de los productos o servicios de la empresa afectan la satisfacción del usuario final y, así mismo, los costos y los márgenes de los distribuidores son parte del precio que paga el usuario final.

## Las cadenas de valor de los compradores

Los compradores son una parte importante del sistema de valor y también tienen su propia cadena, pues el producto de la empresa puede ser un producto industrial o institucional, un material o un componente, que se constituye como insumo o componente de otra empresa, por lo que las ventajas que se generan en cada eslabón del sistema se traducen en beneficios mutuos.



# **PARTE 3. PRINCIPALES TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LA EMPRESA**

El objetivo de la tercera parte del libro es introducir a los estudiantes en las principales tecnologías de aplicación en la empresa, a partir de su clasificación, con el fin de diferenciar entre las tecnologías duras y blandas, incorporadas y desincorporadas, atrasadas y modernas, limpias y contaminantes, etc. Tener presentes estas diferencias ayuda a entender cómo los conocimientos que se manifiestan mediante objetos concretos -dentro de los que se incluyen máquinas, dispositivos digitales y otros similares, conocidos comúnmente como tecnología- representan solo un tipo de aplicación, porque existen muchos otros conocimientos que no se aplican a objetos tangibles, que también son tecnología, e igualmente pueden clasificarse por su grado de modernidad, contaminación, etc.

Una vez abordado el concepto de tecnología, se exponen las principales tecnologías que son aplicadas en la empresa, como son las tecnologías de producto, mercados y procesos, alrededor de las cuales se desarrollan los demás conocimientos que se requieren para obtener, transformar y comercializar el producto o servicio de la empresa. En este orden de ideas, se revisan los conceptos básicos de las tecnologías de producto y proceso, y su clasificación y características. Además, se abordarán las decisiones esenciales que se deben tomar frente al producto, el diseño del proceso de producción o transformación del bien y las herramientas utilizadas para su representación gráfica, así como otros aspectos técnicos fundamentales, como la determinación del tamaño, localización de la planta, capacidad, etc.

Con el fin de identificar las diferentes actividades previas y posteriores al procesamiento del producto, en el capítulo diez se desarrollan los conceptos principales sobre el mercado y el *marketing*. Estos conceptos abarcan desde la identificación de las necesidades del mercado, la definición del tamaño del mismo y la selección de los clientes a los que se quiere llegar, hasta la entrega del producto que satisfaga las necesidades del cliente y permita la obtención de beneficios para la empresa.

Los diferentes conceptos y teorías expuestos fueron examinados a través de una cuidadosa revisión bibliográfica, con el fin de analizar y sintetizar los aspectos teóricos más relevantes para la fundamentación del ingeniero industrial, los cuales son desarrollados y profundizados en los semestres superiores de su carrera.



## **Capítulo 9. Clasificación de las principales tecnologías aplicadas a la empresa**

## Denominación y clasificación

De acuerdo con los conceptos revisados en el capítulo tres, la tecnología es una práctica social que va más allá de la aplicación de conocimientos científicos o técnicos en el diseño y fabricación de artefactos, máquinas, o aparatos, dado que también se relaciona con la aplicación de conocimientos intangibles en procesos, prácticas, problemáticas organizacionales, valores, ideologías; etc. Desde esta perspectiva, existen diversas formas de clasificar y denominar las tecnologías, pero en este texto se adopta la que aparece en la figura 35.

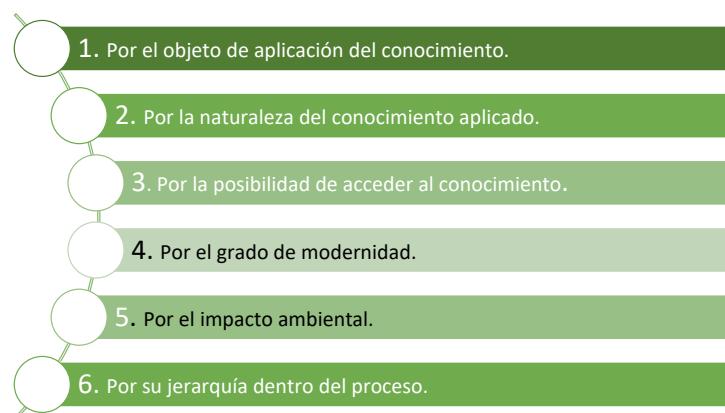


Figura 35. Seis formas de clasificar las tecnologías

### 1. Por el objeto de aplicación del conocimiento

#### Tecnologías incorporadas

Son aquellas en las que se aplica el conocimiento en el producto propiamente dicho. Es decir, son todo tipo de objetos tangibles desarrollados por el ser humano, como: máquinas; productos de cualquier tipo; obras civiles como puentes, carreteras y edificaciones; obras eléctricas; etc.

## Tecnologías desincorporadas

Hacen alusión a los conocimientos y acciones que no hacen parte explícita de una máquina u otro objeto, pero se desarrollan en función de este. Tal es el caso de manuales, fórmulas, planos, diagramas, software, etc.

## 2. Por la naturaleza del conocimiento aplicado

Clasifica las tecnologías de acuerdo con la fuente y naturaleza de los conocimientos que se aplican. Cuando los conocimientos provienen de las ciencias físicas y se traducen en algún producto o artefacto tangible, como una obra de ingeniería, se habla de tecnologías duras. Por otro lado, se habla de tecnologías blandas cuando los conocimientos esenciales, para algún tipo de desarrollo, provienen de las ciencias sociales o de otro tipo de conocimientos necesarios para obtener bienes o servicios que por su naturaleza son intangibles.

Otro enfoque se deriva de las ciencias computacionales, en las cuales se utiliza la palabra *hardware* para identificar la parte dura de la máquina y el equipo, y el *software* para identificar los programas que son imprescindibles para su funcionamiento. Según Villamizar y Mondragón, citados por Castellanos: «la tecnología se vale de diferentes medios, unos duros, como maquinaria y equipo, otros blandos, como conocimientos y métodos, y de experiencias aisladas incorporadas a la maquina o a los métodos de producción» (2007, p. 18).

## Tecnologías blandas

Se agrupan en esta categoría los diferentes conocimientos desincorporados que, según Castellanos, hacen referencia a:

Conocimientos aplicados al direccionamiento de la organización, a la forma y a la metodología empleada por la compañía para efectuar sus operaciones y a la administración de los recursos que posee la empresa con el fin de obtener un producto o servicio que cumplen las expectativas del cliente (consumidor o usuario) (2007, p. 20)

También hacen parte de esta clasificación todos los conocimientos desarrollados para la gestión empresarial, la solución de problemas de forma sistemática en la empresa (informática, investigación de operaciones o simulación) y la toma de decisiones (planeación, organización, ejecución y el control). Para la ingeniería industrial las principales tecnologías blandas son las de: organización, mercados, desarrollo humano, gerencia, gestión, calidad, salud ocupacional, sistemas de información e ingeniería ambiental.

### ***Tecnología de organización***

Conocimientos y experiencias aplicados a la generación de las condiciones y relaciones básicas que son requisito para la ejecución efectiva y eficiente de un plan. Su resultado tangible son las estructuras organizacionales, es decir, la forma en la cual una organización define los elementos fundamentales de los cuales se compone y las relaciones que deben existir entre ellos.

### ***Tecnología de mercados***

Conocimientos, experiencias, métodos y procedimientos aplicados a la identificación de necesidades, expectativas y deseos de la población, en cuanto a productos y servicios. También abarca el análisis de requerimientos en términos de características, cantidad y calidad de los productos y servicios necesarios para satisfacer las necesidades de la población y enfocar la oferta de la empresa en consecuencia. Además, esta tecnología se aplica en la comercialización de productos y servicios de acuerdo con las condiciones específicas de un mercado. Algunos componentes clave de esta tecnología incluyen la inteligencia de mercados, la definición de una mezcla de mercadeo, la elaboración de un sistema de información de mercados, entre otros.

### ***Tecnología de desarrollo humano***

Aplicación de conocimientos y experiencias en la selección, vinculación, capacitación, motivación, remuneración y mejora de las condiciones de trabajo en una organización. Su objetivo es fomentar la adaptación y el desarrollo humano dentro de la organización, alineando estos aspectos con los objetivos individuales y organizacionales. Esta tecnología aborda temas y acciones como la relación que establece la organización con su personal y los procesos que adelanta para su administración.

### **Tecnología de gerencia**

Teniendo en cuenta que la gerencia puede definirse como la teoría de la acción, la tecnología de gerencia es la aplicación de conocimientos y experiencias a la decisión, planeación, evaluación y control de las acciones propias o de cualquiera de los miembros que pertenecen al cuerpo directivo de la organización.

### **Gestión de tecnología**

Aunque puede ser considerada como una tecnología en sí misma, la gestión de tecnológica abarca la planificación, ejecución, evaluación y control de las actividades encaminadas a la búsqueda del desarrollo tecnológico, que es entendido como cualquier actividad orientada a lograr el mejoramiento de una tecnología. Entonces, es una herramienta que permite dar sistematicidad a la acción creadora e innovadora del ingeniero.

### **Tecnología de calidad**

Conocimientos y experiencias aplicados a la optimización de los factores y características propios de un producto, servicio o sistema definido. Durante mucho tiempo se consideró que la calidad era una propiedad de los productos y, por ello, su desarrollo se fundamentó en el perfeccionamiento de herramientas y metodologías para la evaluación y eliminación de defectos en los productos. Sin embargo, la socialización de las teorías japonesas de calidad y el posterior desarrollo de las normas ISO 9000, 14 000 y 18 000, dieron un viraje a este concepto, entendiendo la calidad como un fenómeno integral y relacionado con los sistemas productivos, ambientales, de seguridad en el trabajo, y con la cultura de las organizaciones. Aun en lo relativo al producto, el concepto ha sido ampliado para considerar factores como la estética, la funcionalidad, la excelencia técnica, la relación precio-costo y los servicios de los que se acompaña cuando es adquirido por el usuario final.

### **Tecnología de sistemas de información**

Comprende aquellos conocimientos y experiencias utilizados para desarrollar procesos, equipos y métodos para la recopilación, análisis y transformación de la información que luego apoyará los grandes procesos de las organizaciones.

## **Tecnología de salud ocupacional**

Aplicación de conceptos y experiencias al mejoramiento de las condiciones de trabajo de las personas que intervienen en la labor productiva. En general, esta tecnología se refiere a la evaluación, eliminación o minimización de factores de riesgo provenientes de los materiales, maquinaria y equipo. Además, busca definir las áreas y en general todo lo que pueda llegar a afectar la integridad física y la salud del personal. En las últimas dos o tres décadas ha tomado gran importancia en nuestro país, debido al perfeccionamiento de instrumentos legales y de sistemas de evaluación y prevención, que han surgido como consecuencia, en la mayoría de los casos, de las luchas sindicales y de las consideraciones que se han realizado sobre las repercusiones que los accidentes y enfermedades pueden llegar a tener en la productividad de las personas.

## **Ingeniería ambiental**

Conocimientos aplicados a la conservación del ambiente a través del diseño de metodologías, procesos y equipos que permitan evaluar y contrarrestar el efecto nocivo que los desechos provenientes de la actividad humana pueden causar al entorno físico y humano. Los conocimientos propios de la ingeniería ambiental son transversales a toda la organización, lo cual se constata cuando se evalúan los condicionamientos que han surgido en los distintos mercados mundiales que, a través de la imposición del sello verde, exigen productos que sean ambientalmente amigables en su naturaleza, pero también en los procesos y materiales con los que son producidos. La legislación y la promulgación de las normas ISO 14 000 también son un paso más en la consolidación de las ciencias del medio ambiente como un campo de desarrollo futuro.

## **Tecnologías duras**

Corresponden a los conocimientos aplicados para diseñar o fabricar objetos físicos o tangibles en general, como maquinaria, equipo, obras civiles, etc. También incluye los conocimientos desincorporados que se aplican en función de la obtención de dichos bienes. El término de tecnología dura también obedece a que los conocimientos aplicados provienen principalmente de ciencias duras como la física y la química. Dentro de una empresa las principales tecnologías duras son: tecnología de producto, tecnología de materiales, tecnología de procesos, tecnología de maquinaria y equipo, y tecnología de producción y operaciones.

### **Tecnología de producto**

El estudio de la tecnología de producto es de gran importancia, pues en esta confluyen las demás tecnologías de alta aplicación en la ingeniería industrial. Incluye los conceptos propios del diseño industrial, la ingeniería de materiales, la tecnología de procesos y producción, etc. Sobre el producto, esta tecnología se define como el conjunto de conocimientos y experiencias que se requieren para caracterizar y diseñar el producto, además de definir atributos como sus características físicas, químicas, funcionales y de uso; determinar la tecnología específica para su fabricación; y dar especificaciones sobre el diseño, mano de obra, fórmulas, composiciones de la materia prima, normas de calidad, empaque, transporte, etc.

### **Tecnología de materiales**

Hace referencia al conjunto de conocimientos requeridos para la búsqueda, desarrollo, definición de atributos, empleo y utilización de nuevos materiales en productos útiles para la sociedad. Dentro de la empresa, dichos conocimientos se aplican en función de garantizar la selección de la materia prima y los materiales más adecuados para el producto; así como su almacenamiento, uso, manipulación antes y durante el proceso productivo, buscando mayor eficiencia en su uso y las características de calidad requeridas.

### **Tecnología de proceso**

Es el conjunto organizado de conocimientos y experiencias enfocado a diseñar, mejorar e implementar cada una de las actividades requeridas para la producción del bien o la prestación del servicio. Incluye la definición de condiciones, exigencias del proceso y formas de organización, así como la búsqueda de los métodos más apropiados para hacerlo más eficiente y de nuevas maneras de producción. Cuando se aplica en un proceso de transformación, la esencia de los conocimientos está en conocer los principios físicos y químicos que rigen las variables del proceso, los rangos de operación, la estandarización, etc.

## ***Tecnología de maquinaria, equipo e instalaciones***

Es el conjunto organizado de conocimientos y experiencias aplicado al diseño, evaluación, selección, desarrollo, adaptación, negociación y fabricación de maquinaria, equipo y herramientas, que son requeridos en el procesamiento de un producto o para la prestación de un servicio. Comprende la definición de especificaciones, el diseño, la selección, la puesta en funcionamiento, la adecuación de las instalaciones al proceso y la distribución de las actividades en la planta, así como los manuales de uso, condiciones de funcionamiento, mantenimiento y, en general, todos los conocimientos relacionados.

En este libro se entiende por maquinaria al artefacto a través del cual se realiza una operación, es decir, la transformación en el producto. El equipo se refiere a los elementos de manejo de materiales o a las tecnologías periféricas o de apoyo a la actividad de una máquina. También se aplica a los equipos usados para la prestación de un servicio, como equipos de diagnóstico para servicios de salud, de transporte y de comunicaciones. Por su parte, se reconoce que una herramienta corresponde a los instrumentos usados por los operarios para apoyar, arreglar, reparar, ajustar, etc.

## ***Tecnología de producción o de operación***

Incluye el conjunto de conocimientos y experiencias que se aplican a la planificación, programación y control de las operaciones, actividades, factores y variables que intervienen en el proceso de producción o en la prestación de un servicio. Algunos temas que corresponden a esta tecnología son la gestión logística, gestión de operaciones, distribución de la planta industrial, gestión de inventarios, vinculación de la actividad productiva con las actividades de mercadeo, ventas e investigación y desarrollo de las organizaciones. A esta tecnología se le conoce como «la blanda de las tecnologías duras», por el hecho de involucrar muchos conocimientos propios de las tecnologías de organización y gerencia, como también conocimientos de las ciencias naturales y exactas relativos a las variables de proceso y producto, y a las tecnologías de maquinaria y equipo.

### 3. Por la posibilidad de acceder al conocimiento

Desde el punto de vista de la posibilidad de acceder al conocimiento, la tecnología puede clasificarse como: libre, y no libre o secreta. Desde el punto de vista de la posibilidad de acceder al conocimiento, la tecnología puede clasificarse como: libre, y no libre o secreta. La primera, como su denominación indica, son todos los conocimientos y experiencias a los que se puede acceder libremente, en cualquiera de sus formas de representación. Por ejemplo, una fórmula para fabricar un producto a la que se puede acceder por observación o en manuales, los conocimientos que se encuentran en libros y revistas de carácter científico y técnico, patentes vencidas o libres, etc. Por otro lado, la tecnología no libre o secreta es aquella protegida por patentes o que es conservada bajo secreto industrial, por lo que no se puede acceder a esta sino es mediante el pago de derechos a sus poseedores.

### 4. Por el grado de modernidad

La modernidad de una tecnología responde a dos criterios fundamentales: la naturaleza del conocimiento que se aplica y la eficiencia con la que la tecnología satisface las necesidades para las cuales fue creada. Este tipo de clasificación es más utilizada para caracterizar las tecnologías duras de acuerdo con su grado de avance, porque están ligadas a las etapas del desarrollo del conocimiento y la tecnología desde los primeros siglos. En consecuencia, la tecnología puede clasificarse como: primitiva, atrasada, obsoleta, moderna y de punta.

#### **Tecnología primitiva**

Es aquella en la cual se han aplicado conocimientos empíricos o intuitivos, con baja o nula aplicación de conocimientos científicos de la física, la química o del uso de materiales. Cuando se trata de instrumentos, procesos o maquinas primarias, predomina el uso de la fuerza o energía mecánica humana e, incluso, animal. Algunos ejemplos son el corte de árboles con hacha o con serrucho, y el uso de poleas simples para manipulación de objetos.

### Tecnología atrasada

Caracterizada por aplicar conocimientos esencialmente técnicos, que ya han sido superados y reemplazados total o parcialmente por otros. Se considera atrasada a una actividad o proceso cuando al menos uno de los factores de producción utilizados ha quedado obsoleto o ha sido superado. Por ejemplo, en el caso del proceso de fabricación de ladrillos, se consideraría atrasado si se utilizan métodos de producción basados en maquinaria mecánica elemental en lugar de utilizar máquinas más modernas con sistemas de energía más eficientes.

### Tecnología obsoleta

Aplica conocimientos plenamente vigentes, pero con resultados que ya no satisfacen completamente las necesidades del momento. Los equipos de computación son la muestra más clara de lo que significa el concepto de obsoleto, pues tan sólo uno o dos años después de desarrollada una aplicación de *hardware* ya no presenta las especificaciones de velocidad, capacidad y funcionalidad que se requieren para responder a los recientes desarrollos de *software*.

### Tecnología moderna

Aplican conocimientos vigentes y que, además, satisfacen con comodidad las necesidades a las cuales se aplican.

### Tecnología de punta

Se refiere a la aplicación de conocimientos denominados de frontera, que son los últimos avances logrados en una determinada tecnología y que, al haber sido divulgados, pueden ser apropiados en diferentes procesos, maquinaria, equipo, herramientas o productos de diversa naturaleza. Cuando se refiere a los procesos, existen diferentes grados de avance. Por ejemplo, para el corte de metales la tecnología de punta puede ser el uso de láser, que es lo más avanzado, mientras que para cortar madera la tecnología de punta llega hasta los tornos automatizados que ya fueron implementados hace más tiempo. En algunos casos pueden resultar aplicaciones incluso sobredimensionadas con respecto a las necesidades del momento actual.

## 5. Por el impacto ambiental

La tecnología, según su impacto ambiental, puede clasificarse como tecnología limpia o verde, y contaminante.

### ***Tecnología limpia***

También conocida como no contaminante, verde o ecológicamente racional. Corresponde a los conocimientos orientados a la producción más limpia, con el fin de reducir al mínimo los impactos y efectos nocivos sobre el medio ambiente, a través de la modificación de procesos, la mejora de productos y el control de emisiones. También incluye actividades relacionadas con el reciclaje, la reducción de desechos producidos por el ser humano, etc.

### ***Tecnología no limpia o contaminante***

Se refiere a las tecnologías que aún se utilizan en todo el mundo y que manejan productos con contaminantes como mercurio, plomo, zinc, cadmio, manganeso, etc. Actualmente se ha intensificado la reglamentación ambiental para minimizar los impactos de este tipo de tecnología.

## 6. Por la jerarquía dentro del proceso

### ***Tecnología medular***

Conjunto de tecnologías, blandas o duras, esenciales para desarrollar el objeto propio del negocio, por lo que se consideran críticas para la empresa y difícilmente sustituibles. Algunos ejemplos son: el diseño y especificaciones técnicas del producto, las máquinas extrusoras e inyectoras para una empresa productora de plástico, el parque automotor y los conocimientos logísticos en una empresa prestadora de servicios de transporte y la tecnología de mercados para una empresa comercializadora de bienes de consumo.

### **Tecnología complementaria**

Como su nombre lo indica, es la tecnología blanda o dura que complementa a la medular y apoya las actividades operativas o de gestión administrativa. Por ejemplo, los equipos de manejo de materiales en una empresa manufacturera, y las tecnologías de información y comunicaciones para los procesos de gestión que, sin ser indispensables, son importantes para lograr los objetivos de la empresa.

### **Tecnología periférica**

No son indispensables para el desarrollo del objeto del negocio o para el uso de tecnologías medulares, pero pueden agregar valor a la empresa o al proceso y, por lo tanto, convertirse en un elemento diferenciador. Por ejemplo, unos computadores se constituyen en tecnología medular para el funcionamiento de un centro de cómputo, pero las impresoras serían componentes periféricos.

## **El paquete tecnológico y sus componentes**

En las empresas es común hablar de paquete tecnológico, que integra a todas las tecnologías necesarias para la fabricación, así como los demás aspectos asociados con el objetivo específico de producir y comercializar un bien o servicio. Tal es el caso de los manuales, normas, requerimientos de puesta en marcha, etc. En términos más técnicos, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (Conacyt) aporta uno de los conceptos de paquete tecnológico más utilizados, definiéndolo como:

Un conjunto de documentos, derechos de propiedad, actividades, soluciones de gestión y modelos necesarios para lograr que una tecnología, se transforme en un producto comercializable o transferible a empresas con capacidad de absorber la tecnología, aprovecharla, integrarla y detonar ventajas competitivas respecto a los competidores y mercados existentes (2012)

## Componentes del paquete tecnológico

Según Solleiro (2006), en el paquete tecnológico se incluyen todos los elementos que intervienen en el proceso productivo, sin perder de vista las características inherentes a cada etapa y su interacción. Desde la perspectiva de este autor, los componentes que conforman el paquete tecnológico son:

- Conocimientos científicos, conocimientos empíricos e información técnica externa a la organización.
- Perfiles de factibilidad técnico económica.
- Ingeniería básica, ingeniería de detalle, diseño y manufactura de equipos.
- Normas y especificaciones, protección de la propiedad industrial y controles gubernamentales.
- Negociaciones contractuales: capacitación técnica del personal y mantenimiento de equipos.
- Construcción y arranque de planta, ajustadas a las condiciones reales de operación.



## **Capítulo 10. Tecnología de producto**

## Introducción

La tecnología de producto es una de las principales tecnologías para las empresas, pues las decisiones sobre el producto y su desarrollo tienen repercusiones directas en el éxito de la empresa a largo plazo, y también pueden ser el origen de un mal desempeño por causas relacionadas con el diseño, baja calidad, mala presentación, empaque inadecuado o precio poco competitivo. Por tanto, se requieren esfuerzos unificados de todas las áreas de la organización para lograr los resultados deseados, de ahí la importancia que tiene para la empresa disponer de amplios conocimientos relacionados.

Para la ingeniería industrial el estudio del producto es esencial, dado que en este se conjugan los conocimientos relativos al proceso productivo, la identificación de cada uno de los elementos requeridos para su materialización, la selección de materiales y materia prima, el consumo y rendimiento, la selección de la maquinaria y el equipo, el diseño del proceso, el aseguramiento de la calidad, etc. También, incluye los conocimientos relacionados con las demás áreas funcionales que intervienen para llevar a cabo el producto. En general, toda la cadena de actividades, decisiones y sucesos de la empresa, de alguna manera, interviene en el producto desde la concepción hasta su comercialización. Al respecto, Chase y Aquilano (2007, p. 85) añaden que, además del diseño conceptual del producto, hay que tomar en cuenta el mercado objetivo, el nivel deseado de desempeño, los requerimientos de inversión y el impacto financiero.

## Concepto de producto

Conceptualmente el término producto responde a múltiples definiciones que dependen del ámbito o área en el que se defina. La palabra, según diversos diccionarios, proviene del latín *productus*, que significa producido, logrado o llevado a cabo. Al referirse de manera general a la palabra en la lengua española, se habla de cosa producida, resultado de un proceso, o beneficio o resultado de algo. En el ámbito específico de la ingeniería industrial, se entiende como producto al resultado de un proceso que puede ser de naturaleza física, por lo cual se puede almacenar, transformar y transportar, o un servicio que por su naturaleza es intangible y se define como algo que se produce y se consume de manera simultánea.

Desde el punto de vista de la mercadotecnia, Stanton, Etzel y Walker definieron al producto como «un conjunto de atributos tangibles e intangibles que abarcan color, precio, calidad, y marca, además de servicio y reputación del vendedor; el producto puede ser un bien, un servicio, un lugar, una persona o una idea» (2007, p. 221). Los autores complementan el concepto de producto anotando que «los clientes compran mucho más que un conjunto de atributos cuando adquieren un producto: compran satisfacción en la forma de los beneficios que esperan recibir del producto» (2007, p. 7). Por su parte, Kotler y Keller definen el concepto como «cualquier cosa que pueda ser ofrecida a un mercado para satisfacer un deseo o una necesidad, incluyendo bienes físicos, servicios, experiencias, eventos, personas, lugares, propiedades, organizaciones, información e ideas» (2012, p. 325).

Tomando en cuenta las diversas definiciones y con el fin de evitar repeticiones innecesarias, en esta sección se utiliza el término producto, indistintamente, para referirse a un bien, servicio y en general a todo aquello que pueda ofrecerse en un mercado, y que posea un conjunto de atributos tangibles e intangibles para satisfacer necesidades, deseos y expectativas de la sociedad.

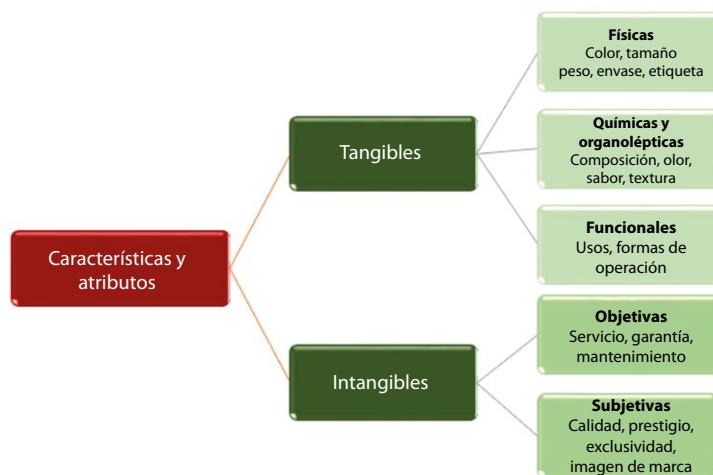
## Elementos constitutivos del producto

Un producto posee tres elementos determinantes: características y atributos, ventajas, y beneficios para quien lo adquiere. Es importante tener en cuenta que un producto no es solo lo que se ve, sino también lo que significa para quien lo adquiere.

### Atributos y características

Todo producto tiene características y atributos, tangibles e intangibles, que definen su naturaleza y lo identifican (ver figura 36). Las características tangibles pueden ser físicas, químicas, organolépticas, técnicas o funcionales. Las características físicas hacen referencia a aspectos como el tamaño, color o diseño; las químicas indican la composición de algunos productos como alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos; las características organolépticas son las que pueden ser percibidas por los órganos de los sentidos, como olor, sabor y textura; y, finalmente, las características técnicas o funcionales se refieren al uso, funcionamiento, seguridad, etc.

Las características intangibles pueden ser percibidas de manera diferente por los consumidores, y se clasifican en objetivas y subjetivas. Dentro de las características objetivas se encuentran los servicios complementarios al producto, la garantía, el mantenimiento o el servicio tras la venta. Las subjetivas se relacionan con aspectos como la calidad, la estética o el prestigio, que responden a la forma en que cada consumidor percibe el producto y lo valora por su capacidad de satisfacer alguna de sus necesidades. Por ejemplo, mientras que la marca de un producto puede ser un componente tangible, la imagen que los consumidores tienen de esta es una característica subjetiva.



**Figura 36.** Atributos de un producto

## Ventajas

Son características que convierten al producto en algo mejor o superior y pueden estar relacionadas con su diseño, empaque, precio u otros atributos tangibles intangibles. Estos atributos deben ser apreciados por las personas, empresas o instituciones, de manera objetiva o subjetiva en comparación de otros productos similares ofrecidos en el mercado.

## Beneficios

Un beneficio reconocido por el comprador del producto o servicio, por su capacidad de satisfacer su propia necesidad, deseo o expectativa, con base en atributos que pueden

ser funcionales, sensoriales, cognitivos, emocionales y relacionales. En consecuencia, el usuario no solo encuentra en el producto un beneficio básico, sino también varios beneficios complementarios.

## Niveles de producto

Son los diferentes grados de agregación de valor sobre el concepto básico o función esencial para la cual fue creado el producto, donde se incorporan en cada nivel nuevos atributos o propiedades que lo hacen más atractivo para los consumidores. Los atributos son esencialmente intangibles y están orientados a satisfacer las necesidades específicas del cliente. Según Kotler y Keller (2012, p. 326) se pueden diferenciar tres niveles en un producto (ver figura 37):

1. Producto básico: es la presentación más elemental del servicio o producto, que busca cumplir la función esencial para la que fue diseñado, por lo que satisface las necesidades básicas de un consumidor. Por ejemplo, el jabón para el aseo y la plancha para ropa.
2. Producto real: añade al producto básico características como un mejor diseño, nuevas propiedades, nuevos atributos o mejor presentación. Por ejemplo, la plancha es el producto básico; sin embargo, al adicionarle atributos como vapor para proteger las prendas y diseño liviano, se convierte en el producto real. Asimismo, ocurre en el caso del jabón cuando se le agregan componentes para la suavidad de la piel, aroma y otros atributos subjetivos, tanto tangibles como intangibles, como el caso de la marca y los empaques.

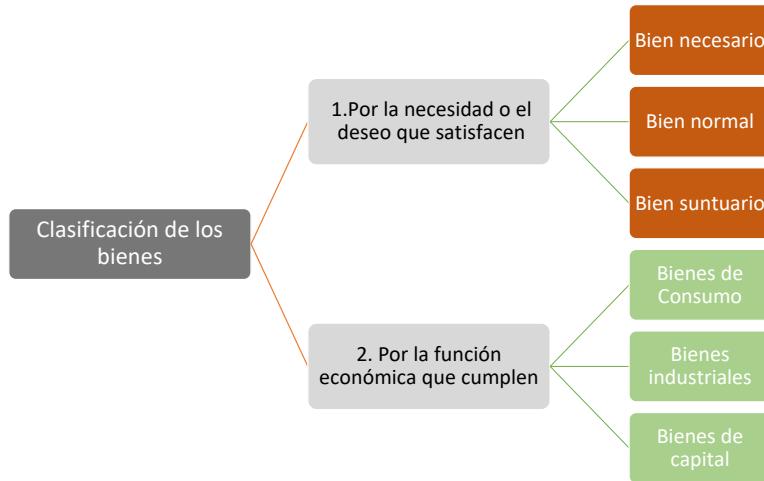
3. Producto aumentado: son otros servicios que se adicionan al producto, que buscan diferenciarlo de otros en el mercado para hacerlos más atractivos para los consumidores. Tal es el caso de los servicios post venta, garantía, instalación, etc.



Figura 37. Niveles de producto

## Clasificación de los bienes

Los bienes y servicios se relacionan entre sí a través de uno o varios factores, ya sea la necesidad que cubren, la forma en que se utilizan, su disposición final, el mercado al que están dirigidos u otras características relevantes. Estos se agrupan de diversas maneras según los propósitos perseguidos, como facilitar la identificación de clientes y proveedores, promover, organizar, exportar, comercializar y llevar a cabo el registro estadístico, así como gestionar el producto en general. Estos procesos son necesarios para garantizar que el producto responda adecuadamente a las estrategias establecidas por la empresa. Este apartado se concentrará en dos clasificaciones: tipo de necesidad que satisfacen y función económica principal (ver figura 38).

**Figura 38.** Categorías para la clasificación de los bienes**Fuente:**

### **1. Por la necesidad que satisfacen**

Los bienes se clasifican por el tipo de necesidad que pueden satisfacer. Los bienes necesarios cubren necesidades llamadas básicas o esenciales, mientras que los bienes suntuarios o de lujo son productos que satisfacen deseos más que necesidades. Evidentemente, lo que es necesario para una persona puede no serlo para otra. Por ejemplo, aunque un automóvil puede ser esencial para una persona, para otra puede ser un lujo, por lo que es una clasificación que está estrechamente relacionada con la renta del consumidor. De este modo, los bienes según la necesidad se clasifican en:

- Bienes necesarios: imprescindibles para la mayor parte de la población, porque satisfacen necesidades básicas y cotidianas. algunos ejemplos son, ciertos alimentos, medicinas, alojamiento y servicios esenciales.
- Bienes normales: destinados a atender un número amplio de necesidades no imprescindibles para sobrevivir, pero importantes para satisfacer gustos, deseos y expectativas, que son accesibles para la mayoría de consumidores. Por ejemplo, el vestuario es un bien necesario en la medida que se requiere para no estar desnudo, pero es un bien normal que satisface un deseo si es adquirido basándose en gustos, moda o criterios similares.

- Bienes superiores: no están al alcance de muchas personas por su menor capacidad adquisitiva, por lo cual su demanda aumenta cuanto sube la renta de los consumidores.
- Bienes inferiores son aquellos cuya demanda está estrechamente ligada al poder adquisitivo del consumidor, al igual que los bienes superiores. Cuando la renta disminuye, la demanda de estos bienes tiende a aumentar, mientras que al aumentar la renta, la demanda de estos bienes tiende a disminuir. Por ejemplo, un consumidor puede optar por aumentar el consumo de otras fuentes de proteínas en lugar de carne, que es su preferencia, debido a razones económicas como una disminución de su salario. Sin embargo, una vez que mejora su renta, es probable que vuelva a adquirir carne.

## ***2. Por la función que cumplen o por la finalidad por la cual se adquieran***

Es tradicional la diferenciación entre bienes de consumo, industriales y de capital. La distinción se realiza principalmente desde el punto de vista de la mercadotecnia, ya que un mismo producto puede estar destinado tanto al mercado de consumo masivo, como al mercado industrial, o ser un bien de consumo y a la vez un bien de capital. Sin embargo, el uso que se le dará al bien por parte del comprador puede ser diferenciado, y requiere definir algunas de sus características y atributos, como tamaños de empaque, servicios añadidos, las formas y medios de comercialización, los métodos de negociación, la promoción, el establecimiento de relaciones directas o indirectas, etc.

1. Bienes de consumo: aquellos que están plenamente disponibles para suplir las necesidades personales, familiares o institucionales, por medio de su uso o consumo. Según el tiempo de utilización, pueden ser duraderos y no duraderos. Los duraderos son productos como electrodomésticos, automóviles, herramientas, ropa, utensilios de uso doméstico, etc. Los no duraderos, a su vez, pueden ser perecederos por el corto periodo de tiempo por el cual son usados o consumidos (por ejemplo, frutas, verduras y flores), y no perecederos, cuya duración es un poco mayor, como los granos, alimentos enlatados, etc.
2. Bienes industriales o de producción: están destinados a ser utilizados para producir otros bienes e integrarse completamente en el producto. Tal es el caso de materiales y materia prima, partes y componentes para la producción o ensamble de un producto

o que no hacen parte del producto, pero se requieren para el proceso o la prestación del servicio. En general, incluye todos los bienes utilizados por el negocio para la prestación del servicio o producción del bien. Los bienes industriales se clasifican según la forma en que participan en el proceso de producción o en la prestación del servicio. Existen cuatro grupos:

- Bienes intermedios: requieren otras etapas de procesamiento para su consumo o uso en un producto final. Generalmente se incluyen en esta clasificación los materiales y materia prima utilizados para la fabricación de otros productos de consumo final.
  - Las materias primas: las materias primas y los materiales se diferencian porque las materias primas provienen del cultivo, extracción y explotación del sector primario de la economía, como los productos agrícolas y pesqueros, minerales y productos de los bosques. Los materiales por su parte, son bienes que ya han sufrido un proceso de manufactura y pueden cambiar de forma o no dentro del proceso. Por ejemplo, el acero cemento y alambre.
  - Bienes complementarios: incluyen las partes y componentes que ya están completamente elaborados, pero no se usan directamente, sino que son parte de otro producto terminado en el que no cambian de forma. Por ejemplo, bujías, lámparas, ruedas, cables, cremalleras, hilos, etc.
  - Suministros: son bienes industriales que no forman parte del producto final, pero son necesarios para el funcionamiento y mantenimiento de vehículos, maquinaria, equipos, espacios de trabajo, mantenimiento del hogar y la prestación de ciertos servicios. Algunos ejemplos de suministros incluyen aceites, lubricantes, pinturas, disolventes, combustibles, herramientas, muebles, enseres, entre otros
3. Bienes de capital: bienes duraderos destinados a producir otros bienes o a prestar un servicio. Incluyen dos grupos: la maquinaria y los equipos accesorios para la industria (también pueden clasificarse dentro de los bienes industriales). Incluyen equipos de transporte y construcción, y bienes muebles o inmuebles adquiridos para alquiler total o parcial en función de generar beneficios económicos a los propietarios. Por ejemplo, si un consumidor compra un vehículo para su uso familiar, se trata de un bien de consumo duradero, pero si ese mismo comprador adquiere el vehículo para prestar un servicio de transporte, se convierte en un bien de capital. Cabe aclarar, que el bien puede cumplir ambas funciones.

## ***Clasificación de los bienes de consumo***

Para la mercadotecnia es muy útil este tipo de clasificación con el fin de orientar la promoción y venta de los productos ofrecidos. Para Kotler y Keller (2016, p. 274), pueden clasificarse según la frecuencia de compra y el esfuerzo realizado en el proceso de compra. Dentro de las categorías suelen distinguirse:

- Bienes de conveniencia: se compran con alguna frecuencia por ser de uso común: cigarrillos, jabones, periódicos o cremas dentales. También pueden ser adquiridos por impulso como los chocolates, chicles y revistas de farándulas, o con motivo de una situación de emergencia, como medicamentos genéricos, sombrillas, etc.
- Bienes de comparación: bienes para los cuales los clientes prefieren hacer un proceso más riguroso de selección y comparación, teniendo en cuenta no solo el precio, sino también otras características y atributos, como calidad, materiales de fabricación, diseño y garantía. Algunos ejemplos son: muebles, ropa, gran parte de los artículos que dependen del gusto, algunos electrodomésticos, etc.
- Bienes de especialidad: se adquieren para un fin específico y tienen atributos diferenciados y especializados, o son de una marca específica, como los automóviles, joyas, obras de arte, etc.
- Bienes no buscados: son aquellos que, debido a ser nuevos en el mercado o desconocidos para los consumidores, no son buscados activamente por ellos. Estos bienes requieren un mayor esfuerzo de venta por parte de los vendedores, ya que los consumidores no tienen una demanda previa por ellos. Además, existen bienes que, aunque son conocidos, suelen ser evitados por los consumidores. Por ejemplo, los seguros y los servicios funerarios.

## **Clasificación de servicios**

La clasificación de los servicios es un poco más compleja y diversa, dada la heterogeneidad de actividades y su naturaleza. Por ende, existen múltiples clasificaciones, de las cuales las más comunes son: (1) por el tipo de usuarios que pueden utilizarlos (servicios públicos o privados); (2) por la naturaleza del servicio (servicios de salud, turísticos, financieros, comerciales, educativos, etc.); (3) por el objeto de la actividad o función que desempeña (construcción, transporte de bienes, enseñanza, mantenimiento, etc.); (4) por el tipo de cliente al que va dirigido el servicio (empresas, instituciones, gobiernos, grupos) y también depende de si es un servicio colectivo o individual, estandarizado o personalizado.

## **Jerarquía de productos**

Kotler y Keller (2012, p. 336) establecen una jerarquía de productos que corresponde más a la desagregación desde la necesidad global que satisfacen, hasta la necesidad más específica (ver figura 39). Por tanto, los ordenan en seis niveles que se desagregan como se muestra a continuación:

1. Familia de necesidades: es el primer nivel en el que se relacionan las diferentes necesidades básicas y fundamentales como salud, cuidado personal, alimentación, seguridad, bienestar y recreación. Se denomina familia por reunir en cada categoría a todos los bienes y servicios que podrían cubrir esa necesidad y en general a todos los servicios que se enfocan al mismo propósito. Por ejemplo, la familia de productos y servicios orientada a brindar seguridad a las personas incluye productos de protección personal, dispositivos de seguridad para edificaciones, alarmas para vehículos, etc., y servicios de vigilancia, escoltas y seguros.
2. Familia de productos: productos y servicios de diferente naturaleza que, orientados a satisfacer un mismo tipo de necesidad o tendencia, se relacionan entre sí de forma más específica por el tipo de producto o el tipo de cliente. Por ejemplo, los productos para el cuidado personal incluyen alimentos saludables, cosméticos, equipos para gimnasia, etc.

- Clase de producto: productos que pertenecen a la misma familia de productos con una relación de tipo funcional. También se le conoce como categoría de productos. Por ejemplo, dentro de la familia de productos de cuidado personal están las cremas corporales.

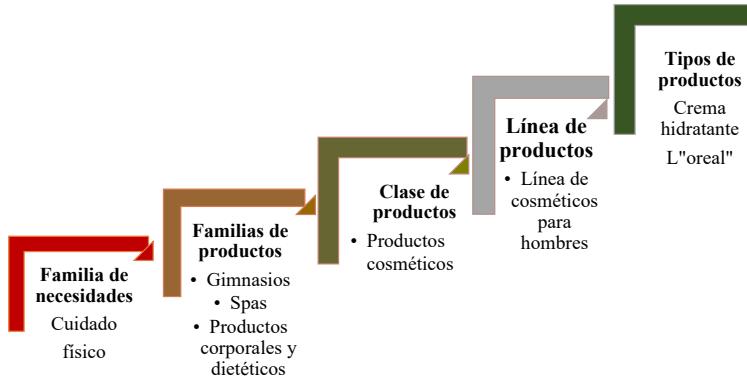


Figura 39. Escala de jerarquía de productos

## Portafolio de productos

Generalmente, las empresas manufactureras no fabrican un solo tipo de producto a menos que sea muy especializado. Las empresas de producción continua suelen enfocarse en una línea de productos, con varias líneas dentro de la misma familia, e incluso se diversifican abarcando más de una familia, que pueden estar o no relacionadas entre sí, dependiendo en gran medida del tamaño y tipo empresa. Lo anterior, se constituye como el portafolio de productos o mezcla de productos.

Kotler y Keller (2016, p. 381) sugieren cuatro dimensiones para identificar la mezcla de productos de una empresa: profundidad, longitud y amplitud. La profundidad se refiere a la diversidad de productos dentro de la misma línea (por ejemplo, en la línea de lácteos: yogures, quesos y leche). La longitud se relaciona con la variedad de referencias de cada producto, ofreciendo varios tamaños, referencias y modelos. La amplitud del portafolio se da cuando la empresa ofrece diversas líneas de productos dentro de la misma familia (en una empresa de alimentos: cárnicos, lácteos, cereales y bebidas). Por ejemplo, empresas como Nutresa han desarrollado su portafolio de productos con gran amplitud y longitud, lo cual ha llevado a organizar cada línea como una unidad estratégica de negocio (ver figura 40).



**Figura 40.** Amplitud y profundidad en el portafolio de productos

**Fuente:** elaboración propia con base en el portafolio de productos de la empresa.

## Decisiones en cuanto al producto desde el punto de vista de *marketing*

La oferta de un producto es un factor estratégico para la empresa, por lo que se deben tomar varias decisiones relacionadas. En primer lugar, para la creación o desarrollo de un negocio se debe partir de la definición de la necesidad u oportunidad que se quiere cubrir en el mercado, con el fin de asegurar que existe un público interesado y un mercado con la dimensión adecuada para constituir el negocio. De lo anterior, se derivan diversos estudios y aplicaciones de conocimientos para determinar la viabilidad del negocio.

A partir de lo técnico, el propósito es diseñar un producto que pueda producirse de manera eficiente, cumpliendo con las características técnicas, de funcionalidad y calidad, así como los requerimientos de la empresa y el cliente. El proceso se inicia con la planeación de cada una de las etapas para concebir, desarrollar y llevar el producto al mercado. En cuanto a lo económico, el producto debe fabricarse con los recursos y medios disponibles para controlar sus costos, de tal manera que su relación calidad-precio sea competitiva en el mercado al cual se dirige.

Desde el punto comercial, el producto debe responder a diferentes aspectos relacionados con la mercadotecnia, para diferenciarse de la competencia y representar una ventaja competitiva para la empresa (ver figura 41). Tal es el caso de la forma de comercialización,



**Figura 41.** Principales decisiones que se deben tomar sobre un producto

## El diseño

Es considerado como un factor fundamental en el producto, porque está unido a su funcionalidad y otros atributos. Para ciertos tipos de productos el diseño, visto desde el punto de vista estético, se convierte en un factor relevante en la decisión de compra de algunos consumidores; sin embargo, en otro tipo de productos la funcionalidad es la que orienta la decisión. No obstante, en los últimos años el diseño ha ganado mucha importancia por la percepción que produce en el consumidor, incluso en productos donde antes no era un factor determinante. El diseño es entendido por Kotler y Keller como «la totalidad de características que afectan la apariencia, la sensación que provoca y la funcionalidad de un producto. Los productos bien diseñados ofrecen beneficios funcionales y estéticos a los consumidores, y puede ser una fuente importante de diferenciación» (2012, p. 332).

El diseño del producto, por lo tanto, no es solamente la definición de su estilo o forma; implica decisiones que deben tomarse desde las perspectivas de la empresa y el consumidor. Para el consumidor son valiosos en el producto los atributos, beneficios, diseño, estilo, precio, calidad, funcionalidad, facilidad de uso, durabilidad, imagen, prestigio, garantía, marca, etc. Desde la perspectiva de la empresa, además de los atributos y demás aspectos esperados por el consumidor, deben considerarse otros factores técnicos y económicos como la inversión, el uso y rendimiento de las materias primas y

materiales, la facilidad de fabricación y distribución, el costo de producción y su margen de la rentabilidad, etc.

## La marca

La diferenciación de un producto a través de su marca se ha convertido en una estrategia de gran importancia, no solo para la identificación de un producto, sino también para el posicionamiento de la empresa en el mercado, lograr fidelización de clientes, dinamizar el consumo, entre otros beneficios. La Asociación Americana de *Marketing* (AMA) define la marca como «un nombre, término, símbolo o diseño, o una combinación de ellos, que trata de identificar los bienes o servicios de un vendedor o grupo de vendedores y diferenciarlos de los competidores» (2022). La marca también sirve para transmitir a los consumidores los atributos, beneficios, personalidad e imagen del producto, de tal modo que se genere reconocimiento, recordación y ventajas competitivas.

## Elementos de la marca

Las marcas están compuestas generalmente por un nombre (con el que se comercializa el producto), un logotipo (expresión gráfica de la marca), un símbolo y un eslogan. También suelen usarse de manera combinada el nombre y el símbolo, en lo que se conoce como isologo. El objetivo del isologo es lograr que los consumidores identifiquen y recuerden con facilidad la marca. Las marcas pueden referirse al nombre del creador, representante, dueño del negocio, etc. y también pueden hacer alusión al nombre de la empresa u organización o al producto como tal.

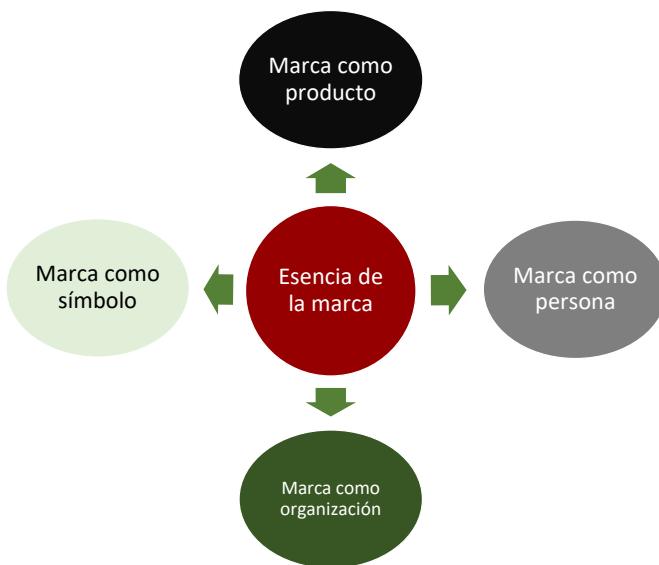
## Decisiones en cuanto a la marca

Las empresas, al posicionar un nuevo producto en el mercado, pueden tomar diferentes decisiones frente a la marca, dependiendo del costo, la diferenciación y la recordación que se quiera alcanzar (ver figura 42). En este orden de ideas, las empresas pueden:

- a. Desarrollar una marca propia o la marca de un intermediario, o no marcar el producto. Esto depende del tipo de empresa, producto, cliente, mercado o de la

capacidad económica de la empresa. Por ejemplo, hay empresas que deciden maquilar productos genéricos para otras empresas, sin identificar sus productos como propios. Cuando son productos que buscan ser diferenciados, la marca puede lograr el objetivo propuesto, pero implica mayores costos para lograr el posicionamiento deseado en el mercado.

- b. Utilizar una marca única para todos los productos de la empresa y no de cada uno de sus productos. El nombre puede ser el de la empresa o el de alguno de sus productos más representativos.
- c. Tener marcas múltiples que pueden ser nombres diferentes para cada producto, línea de productos o para cada modelo, como ocurre en los autos.
- d. Utilizar como marca el nombre de una organización o persona, el símbolo o el isologo.



**Figura 42.** Enfoque de la marca

## Envase, empaque y embalaje

Proexport, en el *Manual de empaques y embalajes para exportación*, define como envase primario a cualquier recipiente que está en contacto directo con el producto,

y lo diferencia del envase secundario que «es aquel que contiene al envase primario, otorgándole protección o exhibición adicional» (2016, p. 17). La función primordial de un envase es proteger el producto que contiene. El envase secundario, conocido generalmente como empaque, se utiliza no solo como protección, sino también como elemento para dar una presentación diferenciada al producto que lo haga más atractivo para los consumidores. Por su parte, Proexport Colombia, en la *Cartilla de empaques y embalajes para exportación*, utiliza el término empaque como nombre genérico para incluir los términos de envases y empaques, y lo define como «todo producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza y que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancía» (2005, p. 8).

Dependiendo del producto y de los fines del empaque, se pueden usar diferentes materiales para su fabricación, como papel, cartón, cartón corrugado, metal, vidrio, plástico, materiales compuestos, fibras naturales y madera. Por su parte, el empaque terciario corresponde al embalaje, que tiene como propósito contener varias unidades de productos para protegerlas de roturas, daños y golpes, de tal manera que puedan llegar en buenas condiciones al cliente o consumidor final y también para facilitar su manejo y manipulación en un solo paquete o bulto. Por ejemplo, para un medicamento el empaque primario es la envoltura o recipiente de cada dosis, el secundario es la caja que contiene un número determinado de dosis, y el terciario puede ser una caja de poliestireno o cartón corrugado que contiene un número de cajas individuales y se usa para almacenar y proteger el producto en su transporte.

### ***La importancia del envase y empaque***

Los envases y empaques además de contener, envolver o proteger físicamente el producto, cumplen otras funciones importantes como permitir su identificación y proporcionar información sobre sus características, contenido, forma y normas para su uso. También, cuando se trata de empaques para el producto individual, sirven para impulsar la venta, captar la atención del cliente, hacer más atractivo el producto e, incluso, para posicionar la marca y diferenciarlo por niveles de precio. En el caso de productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos, los envases y etiquetas tienen que cumplir además una función informativa que es reglamentada mediante normas relacionadas con el contenido nutricional, advertencias de uso, protección al medio ambiente, etc. Cuando se trata de productos para exportación, deben cumplir las normas expedidas por los países de destino.

## La etiqueta

Según Stanton, et al. la etiqueta es «la parte de un producto que transmite información sobre el producto y el vendedor. Puede ser parte del empaque o estar adherida al producto» (2007, p. 289). Es, junto al envase, un elemento de identificación, diferenciación, promoción e información, que contribuye al fortalecimiento de la imagen del producto y de la empresa (ver figura 43). La etiqueta puede contener aspectos de tipo persuasivo (logotipo y frases promocionales), o de tipo informativo, o ambos. Asimismo, cuando se trata de alimentos procesados, medicamentos, productos cosméticos, fungicidas o pesticidas, las etiquetas deben contener información orientada a proteger la salud y seguridad de los consumidores. Por ejemplo, en Colombia la regulación para las etiquetas de productos alimenticios procesados, que existe desde hace tiempo, fue actualizada mediante la Resolución 810 de 2021 del Ministerio de Salud y su aplicación es controlada por el Invima, que establece que las etiquetas deben contener: lista de ingredientes donde se describa el contenido del producto; contenido neto el cual debe ser en gramos o mililitros; nombre y dirección del fabricante o de la planta de procesamiento; identificación del lote el cual deberá ir acompañado de la palabra lote o de la letra «L»; fecha de vencimiento (si aplica), indicada el siguiente orden: día – mes – año; e instrucciones para la conservación, temperatura o condiciones de preservación.



Figura 43. Ejemplos de empaque y etiqueta

Fuente: etiqueta de productos Kellogggs (Kelloggs, 2023).

## Decisiones frente al envase, empaque y embalaje

Este tema merece ser tratado con detenimiento, pues las decisiones que se toman al respecto pueden impactar los resultados de la empresa. Para cierto tipo de productos,

los errores en el etiquetado, ocasionados por el desconocimiento de las normas y leyes vigentes, pueden causar el rechazo del producto en el mercado. Asimismo, factores como el diseño, forma, color y tamaño del empaque pueden impactar positiva o negativamente al consumidor en el momento de tomar decisiones sobre la compra. Igualmente, pueden incidir en el precio del producto e influir en la decisión del consumidor sobre comprarlo o no comprarlo.

De acuerdo con lo anterior, es indispensable tomar decisiones cuidadosas frente al empaque, el envase y la etiqueta, de tal modo que respondan al tipo de producto, formas de comercialización, tipo y segmento del mercado al cual quiere llegar la empresa, así como a las estrategias de la empresa frente a sus relaciones con clientes y consumidores. Por ejemplo, para algunos productos, como cosméticos y perfumería, el envase puede tener un costo superior al producto envasado, pero esto es de gran importancia para su comercialización. Caso contrario ocurre con los productos de uso industrial, donde el diseño del empaque no es tan relevante, como si lo es la protección del producto.

## El precio desde la perspectiva del *marketing*

En términos generales el precio representa el valor monetario que se calcula para ofrecer en el mercado el bien o servicio. Para la teoría económica el valor y el precio son conceptos diferentes, pero íntimamente relacionados. El concepto de valor para la economía fue introducido por Adam Smith, quien le dio a la expresión de valor dos significados: valor de uso y el valor de cambio. El valor de uso tiene que ver con la utilidad que representa para un individuo poseer un objeto, dependiendo de su grado de necesidad o del grado de satisfacción que le proporcione; mientras que el valor de cambio está relacionado más estrechamente con el concepto de costo de los elementos involucrados en la producción del bien y servicio, con base en los cuales se fijan los precios.

Partiendo de estos conceptos clásicos, diversos autores establecen una separación entre el precio desde una perspectiva económica y el precio desde la perspectiva del *marketing*. Desde la perspectiva del *marketing*, el concepto de precio está relacionado estrechamente con el concepto clásico de valor de uso y es combinado con el valor de cambio para que, con base en este, se establezca un precio. Con base en lo anterior, el

precio puede definirse como el dinero que los consumidores están dispuestos a pagar por un producto o servicio según la necesidad, el beneficio y la satisfacción que para cada individuo represente.

Desde esta perspectiva, la fijación del precio se convierte en un asunto mucho más complejo al tener que considerar múltiples factores, tanto objetivos como subjetivos, como el tipo de producto y de mercado al que se dirige, la necesidad que cubre, el costo de producción, la imagen de la empresa, el reconocimiento de la marca, la existencia o no de competidores, el lugar de venta, la percepción del consumidor, etc. Este último aspecto se convierte en un tema central para la gestión de *marketing*, porque es importante conocer cómo llegan los consumidores a percibir el producto, con el fin de enfocar la producción hacia el aumento del valor de los productos y servicios, a través de atributos diferentes a los de la competencia, por los que los clientes estén dispuestos a pagar un valor mayor.

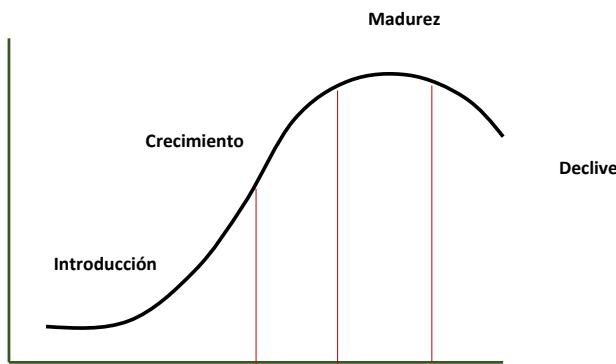
La empresa, al fijar el precio, también debe tener en cuenta las reacciones que pueden suscitarse entre los distintos públicos interesados, pues, además de los clientes, debe tener en cuenta a los competidores, intermediarios, proveedores, consumidores, etc. Por tanto, las empresas deben hacer la distinción entre determinación de precios y estrategia de precios, que requiere valorar todos estos condicionantes dentro de su política de precios y establecer las estrategias para llevar no solo el mejor producto al mercado, sino también lograr que el consumidor lo evalúe como la mejor alternativa en términos de precio-valor.

## Ciclo de vida del producto

Se conoce como ciclo de vida del producto al modelo mediante el cual, en 1965, Theodore Levitt, economista alemán, explicó el comportamiento de un producto en el mercado a través de cuatro etapas, desde el momento que se introduce, adquiere su madurez y empieza su declive (ver figura 44). Dicho modelo aún es utilizado por la mercadotecnia para diseñar estrategias y tomar mejores decisiones dependiendo del ciclo en el que se encuentre la empresa y el producto. La introducción de un producto en el mercado exige esfuerzos de ventas y promoción, lo que es diferente en un producto que ya está en su etapa de madurez. Lo mismo pasa con otras variables que intervienen desde su

lanzamiento hasta su declive, porque varían los riesgos y oportunidades en cada una de las etapas. De ahí la importancia de entender su comportamiento para planificar las estrategias que permitan alcanzar los objetivos y enfocar las acciones de la empresa con énfasis diferentes.

Todas las empresas y productos muestran diversos comportamientos en un mercado dependiendo de las múltiples variables de tiempo, lugar, capacidad empresarial y financiera, etc. La duración del producto en cada una de las fases depende además factores como el grado de innovación, la complejidad del producto, la experiencia previa en su fabricación y la presencia o no de sustitutos competitivos. Por tanto, si bien algunos productos pueden permanecer mucho tiempo en el mercado en algunas de las fases, otros pueden tener una duración efímera. El modelo de Levitt recopila algunas características que pueden ser más o menos comunes en cada una de las etapas.



**Figura 44.** Fases del ciclo de vida de un producto

## *Etapas del ciclo de vida del producto*

### *Fase de introducción*

Ocurre en el momento en que nuevas empresas introducen un nuevo producto al mercado, o cuando nuevos productos son introducidos por las empresas existentes. Esta fase suele estar acompañada de gran incertidumbre por los riesgos que generan el desconocimiento de la aceptación en el mercado y el tiempo de esta fase, que puede ser mayor o menor según factores como las necesidades que se intentan satisfacer, la adaptación del producto a tales necesidades, el grado de innovación, la complejidad del producto, etc. Se caracteriza por ventas bajas, crecimiento moderado, y costos de

producción más altos, dada la falta de experiencia y la subutilización de los recursos fijos. Esto puede resultar en beneficios negativos para la empresa, por lo que se requiere un gran esfuerzo en publicidad y promoción para dar a conocer el producto, lo cual implica realizar gastos elevados.

### *Fase de crecimiento*

Después de haber superado la etapa de introducción, si el producto es aceptado por el mercado, las ventas aumentarán a un ritmo más rápido, y los costos bajarán gradualmente por factores como la estandarización y la disminución de reprocesos. El aumento en las ventas, junto a la reducción de los costos de producción, eleva los beneficios, por lo que son necesarias estrategias de *marketing* más agresivas, con el fin de mantener el producto, afianzar la marca y hacer frente a las amenazas de nuevos competidores con productos sustitutos en el mercado.

### *Fase de madurez*

Sucede cuando coexisten varios productos del mismo tipo en un mercado. Se caracteriza por un crecimiento moderado de las ventas, dado que puede haber saturación del mercado, aumento en la competencia por productos similares o sustitutos y el desarrollo de una especie de guerra de precios. Estas situaciones obligan a la empresa a desplegar acciones como estrategias de *marketing* más intensivas y efectivas con el fin de atraer nuevos segmentos del mercado, mayores servicios para retener consumidores, campañas de publicidad orientadas a destacar las diferencias y beneficios de la marca, etc. Como efecto de lo anterior y de la intensa competencia de precios, las ganancias de los oferentes tienden a decaer.

### *Fase de declinación*

El producto empieza a ser menos atractivo para los consumidores, debido al surgimiento de nuevas necesidades, costumbres, gustos y modas, que influyen en el descenso de las ventas, lo que puede llegar a afectar las utilidades de las empresas que tienen un único o pocos productos. En consecuencia, es necesario buscar estrategias para extender la vida de los productos, introduciendo cambios profundos en el producto actual con nuevos usos y atributos, o nuevos usuarios y canales de distribución. También, se pueden

desarrollar nuevos productos antes de tener que optar por estrategias de repliegue o desinversión. Una conclusión importante de este tema es la relevancia de hacer una planeación cuidadosa a largo plazo, antes de introducir el producto y, en lo posible, predicciones sobre el ciclo del producto, el mercado y los competidores.



## Capítulo 11. Tecnología de mercados

## Introducción

En este texto se entiende por tecnología de mercados a los diversos conocimientos desarrollados y aplicados para investigar el mercado, generar ideas y diseñar productos que satisfagan las necesidades, deseos y expectativas de la sociedad, así como los diferentes procesos encaminados a entregar el producto hasta el cliente final. La función comercial en conjunto con la función técnica son las funciones claves para la competitividad empresarial, y son denominadas por Porter (2010) como actividades primarias, por ser las directamente involucradas en la obtención de valor.

Como lo expresan Kotler y Keller «Las finanzas, la gestión de operaciones, la contabilidad y otras funciones empresariales realmente no tendrán relevancia si no hay suficiente demanda de los productos y servicios de una empresa como para que ésta pueda obtener beneficios» (2016, p. 3). De ahí la importancia del *marketing* para las empresas y, para entenderla, es necesario desarrollar conceptos básicos como el mercado y su clasificación, la mercadotecnia y las principales estrategias del *marketing*.

## Conceptos básicos sobre el mercado y *marketing*

### *Marketing*

La palabra *marketing* es un vocablo inglés, pero por su uso generalizado ha sido admitida como anglicismo que corresponde en español a la palabra mercadotecnia o mercadeo. El *marketing* es definido por la American Marketing Association: (AMA) como: «[...] una actividad, conjunto de instituciones y procesos para crear, comunicar, entregar y cambiar las ofertas que tengan valor para los consumidores, clientes, asociados y sociedades en general» (2008). En consecuencia, su finalidad es beneficiar a la organización por medio de acciones que satisfacen a los clientes.

La función del *Marketing* ha tenido diferentes enfoques y prácticas a lo largo del tiempo, buscando siempre que las empresas pudieran adaptarse a los cambios y exigencias del entorno y a las necesidades de los clientes, relacionadas con la comercialización de los productos. Dvoskin (2004, p. 42-45) realiza un recorrido histórico sobre la evolución

del *marketing*, y distinguió cinco etapas marcadas por los hechos más relevantes de cada época: (1) la producción en masa del siglo xix, donde las empresas se enfocaban en el producto y las ventas; (2) el incremento de la competencia entre las empresas a principios del siglo xx, lo que las obligó a buscar la diferenciación en el producto; (3) el nacimiento del concepto de *marketing* transaccional enfocado a atender las necesidades del consumidor; (4) la búsqueda de nuevos clientes a mediados del siglo xx, donde el *marketing* estaba enfocado en desarrollar estrategias agresivas (*marketing* diferenciado e integrado); y (5) la aceleración de los negocios gracias a nuevas tecnologías durante el siglo xxi, como el *E-commerce*, con las que aparece el llamado *marketing* digital. A continuación, se expone una síntesis de los hechos más representativos en cada uno de estos momentos.

En el siglo xix, las empresas se orientaban a la producción en masa y los consumidores absorbían todo lo que se producía, por lo que no existía la necesidad de que la empresa impulsara la venta. genera esto se le conoce como *marketing* pasivo.

A principios el siglo xx, empezó una fuerte competencia entre las empresas, lo que las obligó a buscar la diferenciación en los productos a través de mejoras de la calidad al menor costo posible. De tal manera, querían lograr mayor volumen de ventas. Al mismo tiempo, surgió el concepto de *marketing* en lo que se conoce como *marketing* transaccional. En este periodo aún eran débiles los esfuerzos por orientar el producto a las necesidades y requerimientos de los clientes, lo cual, posteriormente, se convirtió en la premisa de orientación del *marketing*.

A mediados del siglo xx, dada la creciente competencia entre las empresas, la atracción de nuevos clientes se convirtió en uno de los principales retos, por lo que inició una nueva etapa acompañada del desarrollo de estrategias agresivas para competir. Desde ese momento, las empresas dirigieron sus esfuerzos a conocer y atender las necesidades y deseos de los consumidores, a partir de lo que denominó *marketing* integrado. Esta nueva iniciativa integraba las diferentes actividades del *marketing* en todos los procesos del ciclo productivo, por lo que se implementaron nuevos métodos de comercialización, se diversificaron los canales de distribución, se diseñaron diferentes estrategias orientadas a la ampliación del número de clientes, y se buscó su fidelización con una clara orientación hacia el *marketing* estratégico y al *marketing* digital.

En este contexto surgió un nuevo concepto de *marketing*, aportado por Kotler y Keller, según el cual «el *marketing* es un proceso social por el cual tanto grupos como individuos obtienen lo que necesitan y desean mediante la creación, oferta y libre intercambio de productos y servicios de valor con otros grupos e individuos» (2012, p. 5). En épocas más recientes, Kotler y Keller incluyeron diversos elementos, por lo que definieron el *marketing* como «[...] una función organizacional y un conjunto de procesos empleados para crear, comunicar y entregar valor a los clientes, también para administrar las relaciones con los clientes de un modo que beneficie a la organización ya todos los interesados» (2016, p. 29).

El *marketing* permite entonces establecer un enlace directo entre el entorno y la empresa, lo cual implica investigar las necesidades del mercado y definir cuáles son los productos que necesita y cuales la empresa está en posibilidad de atender. También ese necesario identificar y dimensionar el mercado al cual se quiere y puede llegar para obtener beneficios, y definir la forma de llegar hasta los clientes. Para cumplir estos propósitos es necesario diseñar estrategias y actividades encaminadas a garantizar que el producto cumpla con todas las características y atributos y, con esto, fidelizar a los clientes.

En conclusión, las acciones de mercadotecnia se integran a toda la cadena productiva y son actividades clave en la generación de valor. Comprenden el análisis del mercado y el estudio de los consumidores y sus necesidades, con el fin de orientarlas y convertirlas en deseos concretos a través de productos y servicios que cumplan sus expectativas. Por tanto, es importante tomar decisiones sobre la selección de los canales de distribución más adecuados, el precio, la publicidad, la promoción, etc.

## **Concepto de mercado desde el punto de vista del *marketing***

El termino mercado regularmente es usado por la población para referirse únicamente al lugar físico donde se compran los alimentos; sin embargo, su significado es más amplio. Abarca todas las actividades que se desarrollan entre oferentes y demandantes para el intercambio de bienes y servicios de cualquier naturaleza. De acuerdo con el contexto donde se emplee, puede referirse a los mercados de consumo, servicios industriales, laboral, materias primas o al mercado financiero cuando se negocian valores y dinero.

El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua (2022) se refiere a la palabra mercado en el contexto empresarial como: «Sitio público destinado permanentemente, o en días señalados, para vender, comprar o permutar bienes o servicios» y «Conjunto de consumidores capaces de comprar un producto o servicio». Se puede concluir que el término mercado indica la existencia de demandantes, interesados en pagar por beneficios que suplan sus necesidades, y oferentes, interesados en ofrecer un bien o servicio de cualquier naturaleza. Estas transacciones ocurrirán siempre que ambos estén dispuestos y en condiciones de hacerlas desde el punto de vista económico, legal y tecnológico, pues para realizar el intercambio no basta con querer hacerlo.

Por lo tanto, es necesario que se den tres condiciones como mínimo para identificar la existencia de un mercado: (1) la existencia de uno o varios individuos, instituciones o empresas con necesidades y deseos (demandantes); (2) la existencia de uno o varios individuos, instituciones o empresas dispuestas y en condiciones de satisfacer tales necesidades o deseos; y (3) la posibilidad real de satisfacer tales necesidades mediante un producto o servicio. El manejo de esas relaciones e interacciones entre el cliente y el proveedor sustenta la mercadotecnia.

## Canales de *marketing*

Se denomina canal de *marketing* al medio elegido por los oferentes de bienes y servicios para llevar sus productos al cliente final, comunicarse con ellos, promover sus productos, distribuirlos y prestar servicios posventa. Generalmente se utilizan tres tipos de canales:

1. Canales de comunicación utilizados fundamentalmente para promover los productos y servicios, a través de múltiples medios como revistas, periódicos, radio, televisión, teléfono, página web, correo electrónico, etc.
2. Canales de distribución utilizados para promover, comercializar o entregar el producto al comprador o usuario final. Estos pueden ser:
  - Directos cuando son entregados en forma directa por el oferente o fabricante al usuario final sin intermediarios, caso en el cual se refiere a «canal corto». Actualmente, el uso de la tecnología y el desarrollo del *marketing* digital ha posibilitado

la comunicación directa entre fabricante y cliente, con algunas ventajas en la reducción del tamaño de los canales.

- Indirectos cuando son entregados a través de intermediarios, distribuidores, mayoristas o minoristas y, según del número de intermediarios, pueden ser un canal medio o largo, como se muestra en la figura 45, pueden ser medios o largos.



**Figura 45.** Canales de distribución medio y largo

3. Canales de servicio utilizados para prestar diversos servicios a los clientes, como entregas rápidas, uso de bodegas cerca a los mercados, compañías de transporte, etc.

## Concepto de cliente, consumidor intermediario

Un cliente es la persona, empresa o institución, que adquiere un producto o servicio ofrecido por un fabricante, intermediario o vendedor final, bien sea para un tercero, para su consumo directo o para su utilización en diferentes actividades. Cuando el cliente compra para sí mismo se convierte en consumidor. El usuario hace referencia solo al sujeto que usa el servicio. El cliente, por lo tanto, puede ser a la vez comprador, consumidor y usuario cuando compra un producto, lo consume o utiliza y usa los servicios asociados al producto.

Pese a que en el lenguaje común las palabras cliente y consumidor suelen usarse indistintamente, para efectos de comercialización, las diferencias de los términos pueden ser importantes para enfocarse en la promoción y venta a para cada uno de ellos. Por ejemplo, en la adquisición de golosinas el padre es el cliente y el consumidor es el niño, por lo que la promoción deberá orientarse generalmente hacia el niño. Por su parte, el término de cliente potencial hace referencia a la entidad o sujeto que podría convertirse en un futuro comprador, consumidor o usuario del producto o servicio.

El concepto de Intermediario se refiere a la empresa, institución o persona que adquiere el producto para venderlo u ofrecerlo, convirtiéndose en canal de distribución, bien sea mayorista o minorista, para que el producto llegue al destino previsto.

## Tipos de mercado y su clasificación

Según el propósito que se persiga, en una economía de mercado los mercados pueden denominarse y clasificarse de diferentes formas. Por ejemplo, se habla de mercado de los factores de producción, que está conformado por los oferentes y demandantes de mano de obra; del mercado de bienes y servicios; y del mercado de capitales donde intervienen oferentes y demandantes de recursos monetarios, inversiones, préstamos, etc. De acuerdo con lo anterior, se definen distintos tipos de mercados, clasificados por el tipo de bienes o por los mercados a los que se dirige. La denominación puede entonces ser tan extensa como se quiera y depende del producto o la empresa que se trate. Por ejemplo, existen mercados de bienes intermedios, de bienes de consumo, de dinero, gubernamentales, etc.

Clasificar los mercados de acuerdo con determinados parámetros puede ser útil, porque permiten determinar el contexto en el que se opera y, de esta manera, orientar las estrategias de *marketing*. Las clasificaciones más comunes en el contexto empresarial se realizan en función de la ubicación geográfica, el tipo de producto o servicio comercializado, el tipo de cliente al cual se orientan o por la forma de competir, como se muestra en la figura 46.

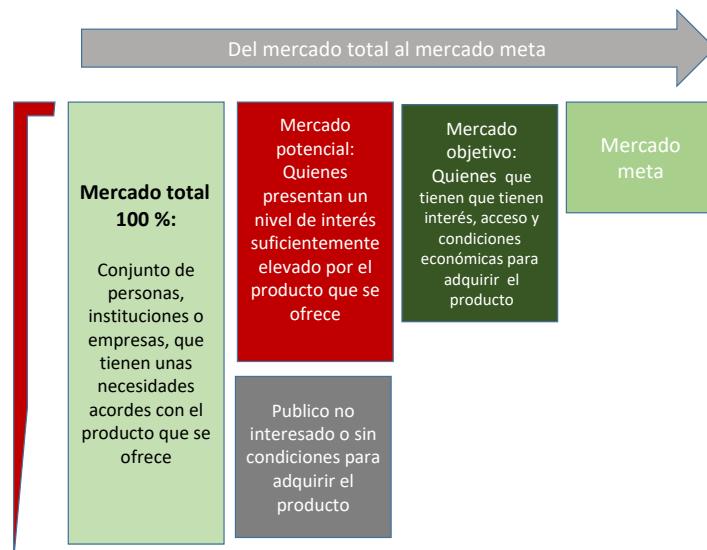
Dentro de la taxonomía expuesta, la categoría de mayor uso, para efectos de la comercialización, es la determinada por el tipo de clientes debido a la gran diferencia que existe en los requerimientos de cada tipo de mercado, que demandan una atención particular. Por ejemplo, en el mercado de bienes de consumo final, integrado principalmente por individuos o familias que requieren los productos para uso personal o del hogar, el factor determinante en la demanda es la satisfacción personal, seguida de otros factores como el precio, el gusto, la moda, etc. En contraste, en el mercado de bienes industriales los factores predominantes en la elección del cliente son otros, e incluyen algunos como los plazos de entrega, condiciones de pago, garantías, etc.



**Figura 46.** Categorías para la clasificación de mercados

## Estudio del mercado

Con el fin de comprender el entorno de *marketing* y realizar estudios que permitan identificar oportunidades de negocio y llevar a cabo pronósticos de ventas para la planificación de recursos y capacidades, es necesario calcular y prever el tamaño, crecimiento y potencial del mercado. Para lograrlo, existen diversos métodos de cálculo y formas de desglosar el mercado, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 47.** Del mercado total al mercado meta

### **Mercado total**

Se refiere al conjunto de personas, instituciones o empresas demandantes que tienen necesidades comunes, sumadas a las personas, instituciones o empresas oferentes que están dispuestas a atender esas necesidades a cambio de un beneficio o utilidad. Por ejemplo, el mercado total de bienes escolares está conformado por todas las empresas productoras y distribuidoras de este tipo de bienes y por los estudiantes del país en cualquier nivel educativo. Para el mercado de bienes intermedios, como el cemento, el mercado total está representado por todas las empresas constructoras, personas naturales, distribuidores mayoristas y minoristas, que requieran cemento para la construcción, remodelación, reparación de vivienda, centros comerciales, industrias, vías, obras públicas, etc. Por su parte, el mercado de oferentes lo conforman todas las empresas o personas que puedan atender dicha necesidad.

### **Mercado potencial**

Se refiere a la porción del mercado total que presenta un nivel de interés suficientemente elevado por un producto al que no todos tienen acceso; sin embargo, son susceptibles de ser clientes de la empresa en cualquier momento o en el futuro cuando, además del interés, puedan tener otras características que lo califiquen como potenciales. Por ejemplo, el mercado potencial de una productora o ensambladora de bicicletas está

constituido por todas las personas que se interesan en este producto; pero algunos por su edad, impedimentos físicos, posibilidades económicas o localización geográfica, no tienen en el momento acceso a esos productos, pero podrían tenerlo en el futuro. Una empresa productora de computadores deberá excluir de su mercado a diversos grupos poblacionales que no requieren este tipo de equipos por factores como la edad (bebés, niños menores o adultos mayores) y la localización geográfica (por ejemplo, regiones apartadas que no cuentan con acceso a Internet).

### **Mercado objetivo o disponible**

Kotler y Keller (2012, p. 85) definen el mercado objetivo o disponible como el conjunto de consumidores o clientes que tiene interés, ingresos y acceso a una oferta en particular. Es decir, son aquellos que estarían dispuestos y en condiciones de adquirir el producto o servicio, bien sea por razones económicas, culturales, legales, de salud, etc. Para el caso de algunos productos o grupos de productos, el Gobierno puede restringir su venta a ciertos grupos, tal y como sucede con la venta de licores a menores de edad, por lo que las empresas deben excluir a este grupo poblacional del mercado objetivo.

### **Mercado meta o *target group***

Kotler y Keller definen el mercado meta como «la parte del mercado disponible calificado que la empresa decide captar» (2012, p. 85). Está conformado por los consumidores del mercado objetivo a quienes la empresa desea dirigirse para ofrecerles sus productos o servicios, es decir, la parte del mercado donde la empresa decide competir. También se le denomina comúnmente *target group* (término inglés que ha sido apropiado en el lenguaje de la mercadotecnia). Por ejemplo, una empresa que ofrece un lapicero de lujo decide realizar un análisis del mercado potencial y del mercado objetivo, con el que determinan que su *target* los ejecutivos entre veinticinco y cincuenta años, porque considera que son las personas que se pueden interesar en adquirir el producto y que tienen la voluntad y las condiciones económicas para comprarlo. En consecuencia, orientará todas sus acciones de mercadeo para atraerlos y hacerlos parte de su mercado real.

En ese orden de ideas, una compañía puede tener varios mercados meta dependiendo de los productos que ofrece y de sus condiciones particulares, acompañados de ofertas diferenciadas para varios tipos de clientes determinados por regiones geográficas,

aficiones o edad. También puede enfocar sus estrategias de mercadeo y de distribución en uno solo de los grupos, a lo cual se denomina segmentación del mercado. Igualmente, puede decidir cubrir todo su mercado objetivo, de acuerdo con el tamaño, condiciones y posibilidades de la empresa; del tipo de producto; y de las particularidades de sus clientes. En este último caso su mercado objetivo y su *target* serían los mismos.

### **Mercado real o efectivo**

Está compuesto por las personas, empresas o instituciones a los que la empresa ha logrado llegar, convirtiéndolos en sus clientes y consumidores. En consecuencia, la empresa ha enfocado sus estrategias de mercadotecnia a fidelizar los clientes actuales y a captar nuevos clientes potenciales.

### **Segmento de mercado**

Es una porción del mercado que está compuesta por conjuntos o subconjuntos de clientes que pueden agruparse de acuerdo con algunas características homogéneas como hábitos, necesidades, localización geográfica, gustos, edades, etc. El propósito de la empresa, al dividir su mercado en diferentes segmentos, es el de otorgarles una oferta específica con características adaptadas a cada grupo, lo cual se convierte en una estrategia de *marketing* orientada a optimizar recursos y utilizar eficazmente los esfuerzos comerciales (este tema es desarrollado más adelante). En este orden de ideas, Stanton, et al. definen al segmento de mercado como «[el] conjunto de consumidores u organizaciones dentro de un mercado más amplio que comparten deseos, preferencias de compra o comportamiento de uso de producto» (2007, p. 148).

### **Nicho de mercado**

Corresponde al grupo de personas, empresas e instituciones, con necesidades o deseos particulares, por lo que suelen estar dispuestas a pagar una suma mayor a quien pueda satisfacerlas. Un nicho de mercado se diferencia de un segmento de mercado en su tamaño que, al ser más especializado, tiende a ser más reducido y no es fácilmente identificable. En un nicho los clientes exigen mayor exclusividad y se agrupan por sus gustos, preferencias, estilos, capacidad de compra y necesidades específicas.

## Análisis del mercado

Según Baca (2013, p. 25) el análisis del mercado comprende cuatro etapas fundamentales: análisis de la demanda, análisis de la oferta, análisis de los precios y análisis de comercialización.

### *Análisis de la demanda*

La demanda de mercado es el volumen o cantidad de un producto o servicio específico que los clientes y consumidores están dispuestos a adquirir en un momento y lugar determinado, según diversos factores como el precio, nivel de ingreso de la población, gustos, moda, entre otros. Por ejemplo, la demanda de llantas de vehículos livianos en Colombia en el 2020 se estimó en 1 000 000 unidades o en 150 000 millones de pesos en ventas.

Para la economía se considera demandante aquella persona, institución u organización que desea y requiere del bien o servicio ofertado y está en condiciones de adquirirlo dependiendo de las variables mencionadas. Lo anterior ha sido nombrado por la mercadotecnia como mercado objetivo. El análisis de la demanda comprende la identificación del tipo, naturaleza y características del mercado en el que se quiere participar, así como la cuantificación de su tamaño y la estimación de la demanda futura.

La cuantificación de la demanda, denominada generalmente como tamaño del mercado, cuando hace referencia al volumen o cantidad demandada de productos o servicios por todos los clientes o consumidores, no al número de clientes, es el primer paso que debe dar cualquier empresa para realizar las diferentes proyecciones tanto financieras como comerciales. Además, cuando se pretende crear una empresa o desarrollar un nuevo proyecto en una empresa existente, la cuantificación de la demanda es la base para definir la magnitud de la inversión, el volumen de producción y los costos operativos, así como otras características sobre la tecnología y la capacidad de la planta, aspectos que se analizan con mayor detalle más adelante.

Para su cuantificación, existen diferentes métodos que dependen fundamentalmente de la información disponible, la cual puede provenir de fuentes primarias (recolección directa) y de información secundaria como indicadores demográficos y económicos,

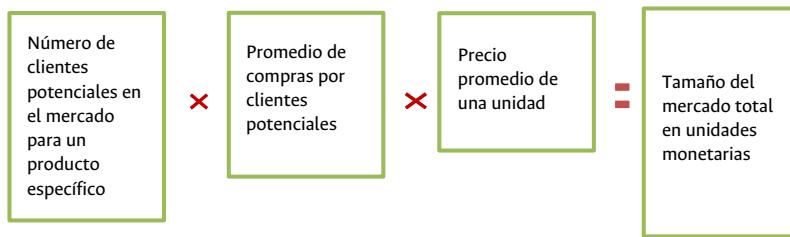
comportamiento y evolución del sector de la actividad económica, o bien de la economía en la zona geográfica, que incluye información como los niveles de ingreso de la población, tendencias de consumo, consumo *per cápita*, consumo aparente y otras estadísticas del Gobierno o de organizaciones privadas y gremiales sobre hábitos de compra, tamaño y el volumen de la demanda de empresas ya establecidas. Por ejemplo, para analizar la viabilidad económica del montaje de una nueva empresa de venta de llantas en Manizales se puede partir de los datos de la demanda de llantas para Colombia en el 2020 y con base en estos, proyectar el tamaño de la demanda propia.

No obstante, no siempre se puede disponer de datos más concretos que permitan verificar la viabilidad de la creación de una empresa o la posibilidad de penetración del producto en un mercado determinado, por lo que es necesario recolectar información proveniente de fuentes primarias, mediante la denominada investigación de mercados. Aunque puede ser un método más costoso, cuando se realiza bien puede arrojar resultados más precisos y confiables que la información de otras fuentes indirectas, y le permite al empresario conocer datos más específicos, tanto del comportamiento de la demanda, como de la oferta y la competencia.

Con el mismo propósito existen diferentes métodos estadísticos, que no son objeto de profundización en este texto, que permiten realizar proyecciones y pronósticos con cierta exactitud. Tal es el caso de las llamadas series de tiempos, las medias móviles, los mínimos cuadrados y ecuaciones no lineales, sobre las que existe abundante bibliografía en textos estadísticos y de mercadotecnia. Sin embargo, pueden utilizarse otros métodos menos complejos, pero menos precisos, que ayudan a estimar el tamaño del mercado y la cuota a la cual se podría acceder a partir de cierta información disponible. A continuación, se presentan algunos.

### ***Tamaño de la demanda a partir de datos de fuentes secundarias***

El tamaño de la demanda o del mercado, que es el término generalizado, puede medirse de tres formas: (1) por el número de usuarios existentes en un mercado (servicios); (2) por la cantidad de unidades que se podrían adquirir de un producto específico, en un lugar y momento dado del tiempo; y (3) por las ventas que se podrían alcanzar en número de unidades o en valores monetarios, en un periodo determinado y bajo condiciones y circunstancias específicas del entorno. Por ejemplo, para un mercado de bienes de consumo en valores se realizan los cálculos de la figura 48.



**Figura 48.** Cálculos para un mercado de bienes de consumo

Dentro de la fórmula expuesta la variable más compleja puede ser la del número de clientes potenciales, para lo cual puede acudirse a datos estadísticos como la población total en la zona estudiada, el total de estudiantes universitarios, o las personas de un determinado grupo de edad o condición socioeconómica. Esta cifra final puede ser refinada utilizando diferentes criterios, que excluyan grupos de población que, según el conocimiento de expertos, la experiencia o datos complementarios, se considera que no están en condiciones de adquirir el producto. El criterio puede darse por factores como restricción legal o religiosa, ingresos, hábitos, etc. De igual manera, para otro tipo de mercados, como el de productos para la construcción, se podrá partir del número de metros cuadrados o de viviendas en construcción; para productos industriales, se puede partir del total de industrias en una región dada; y en productos para mascotas, pueden usarse cifras específicas de este tipo de mercado.

### Ejemplo de demanda a partir de datos de fuentes secundarias

Con el fin de determinar la factibilidad para la creación de una nueva empresa de cerveza artesanal en una región determinada, se requiere calcular el potencial del mercado en dicha región, para lo cual se dispone de los siguientes datos:

- Según Euromonitor, firma internacional dedicada a la investigación de mercados a nivel mundial, el consumo promedio de cerveza de un habitante colombiano mayor de 18 años en el 2018 ascendió a 51.4 litros al año.
- Se calcula que la firma Bavaria produce alrededor del 93 % de la cerveza en Colombia, un 6.5 % del mercado lo comparten otras empresas más pequeñas y un 0.5 % las cervezas artesanales (El Tiempo, 2017).

Con la información obtenida de fuentes secundarias confiables sobre el consumo *per cápita* y el total de habitantes del país por grupos de edad, así como la composición

del mercado de la cerveza, se puede calcular la cantidad de litros o hectolitros de cerveza y de cerveza artesanal que se consumen en Colombia, como se muestra a continuación:

- Población entre 18 y 70 años: 31 936 000 (DANE, 2018).
- Consumo promedio por habitante: 51.4 litros por habitante (Portafolio, 2021).
- Demanda potencial de cerveza en Colombia:  $31\,936\,000 \times 51.4 \text{ litros/habitante} = 1\,641\,510\,400$  de litros.
- Demanda potencial de cerveza artesanal en Colombia:  $1\,641\,510\,400 \times 0.5\% = 8\,207\,552$  de litros al año.
- Demanda potencial de cerveza artesanal en Zona A: población entre 18 y 70 años es igual a 560 000 habitantes.

Según expertos, diversos grupos poblacionales en estas edades no consumen alcohol, por lo que el mercado se reduce a 340 000 personas. Entonces el mercado potencial de la Zona A:  $340\,000 \text{ personas} \times 51.4 \text{ litros/año} \times 0.5\% = 87\,380$  litros de cerveza artesanal al año.

Otro método para llegar a cifras similares se realiza a través de los porcentajes de gasto de las familias en grupos que conforman la canasta familiar (ver figura 49). Esta información es publicada por el DANE.



**Figura 49.** Cálculo a través de los porcentajes de gasto de las familias

A partir de los datos anteriores, sumados a datos como tamaño de la empresa, capacidad instalada de la empresa, y segmentación del mercado, se puede estimar la cuota que la empresa puede y desea captar (mercado meta). Por ejemplo, quiere captar el 10 % del mercado objetivo. Para estimar la participación o la penetración de la empresa en un mercado, también es necesario analizar la competencia, para lo cual se necesita entender

cómo se divide el mercado, cuáles son los diferentes competidores, cuáles son las marcas líderes, cuál es su porcentaje de participación, etc.

Cuando el estudio lo requiere, es importante realizar la consulta directa del consumidor (para productos existentes), mediante encuestas, entrevistas o métodos indirectos como la observación del entorno donde se consume el bien o se recibe el servicio. También puede hacerse con grupos de expertos. Para empresas nuevas o existentes, que deseen introducir productos nuevos, no es fácil encontrar información estadística de fuentes secundarias, por lo que el cálculo puede ser más complejo; no obstante, es necesario realizar estimaciones, acudiendo a la investigación de mercados, para saber si la idea de negocio o el nuevo producto tiene un mercado suficientemente atractivo.

El Centro Europeo de Empresas Innovadoras (CEEI) (2009), introdujo algunos métodos de aproximación para empresas que no poseen cifras de fuentes directas, como tampoco estadísticas concretas, los cuales pueden ser usados en forma combinada y complementados mediante métodos sistemáticos de observación y paneles de expertos. Los más conocidos son: los métodos de ratios sucesivos y el método de cuotas.

### **Métodos de ratios sucesivos**

Supone la utilización de una secuencia de porcentajes sucesivos a partir del tamaño del mercado potencial. La cifra se depura con la aplicación de diferentes factores y variables específicas para cada caso, hasta llegar al mercado objetivo y mercado meta, a partir de datos como el tipo de producto, el tamaño de la empresa, el tipo de cliente al cual se pretende dirigir el producto y la competencia existente. La dificultad radica en la obtención de los porcentajes, por lo que se debe acudir a datos secundarios, a la opinión de expertos y, en algunos casos, realizar algunos supuestos. A continuación, se presenta un ejemplo.

Un grupo de empresarios quiere abrir un nuevo gimnasio en la ciudad de Manizales, ubicado en un sector determinado de la ciudad y dirigido a personas mayores de quince años y menores de sesenta. El grupo dispone de datos de fuentes oficiales como el DANE y boletines estadísticos de la alcaldía de Manizales sobre la población del sector por grupos de edad. También, obtuvo datos directos mediante encuestas realizadas a la población en el área de influencia, que pueden ayudar a realizar la estimación del

tamaño del mercado y, por tanto, estudiar la viabilidad de la apertura del negocio. La tabla 4 presenta un resumen de los principales datos y cálculos efectuados.

**Tabla 4. Resumen de datos y cálculos efectuados para la apertura de un gimnasio en Manizales**

	Datos estadísticos	Cálculos del número de usuarios probables
Población en el área de influencia	8000 personas	
Población mayor de quince y menor de sesenta años	70 %	$8000 \times 70 \% = 5\,600$
Población en el país que regularmente practica ejercicio en un gimnasio	25 %	$5\,600 \times 25 \% = 1\,400$
Población con posibilidad de asistir, pero que no está asistiendo o que se encuentra insatisfecha con el servicio prestado por la competencia	11 %	$1\,400 \times 11 \% = 154$

De las 154 personas que manifestaron interés y posibilidad de asistir, se estima que por lo menos un 30 % no se decide, por lo que el mercado objetivo se reduciría a 107 personas.

### Método de cuotas

Se basa en estimar la participación de las empresas competidoras dentro del mercado objetivo, lo cual se facilita cuando el número es reducido; sin embargo, cuando el número de participantes es alto, puede calcularse la participación de los competidores más importantes y ubicar a las demás dentro de la categoría de otros.

Para el ejemplo de la apertura del gimnasio en Manizales, se encuentra que en el sector de la ciudad elegido para localizado el 50 % del mercado es controlado por Bodytech, el 20 % por el gimnasio de la Universidad Nacional y el otro 30 % por varios gimnasios más pequeños. Teniendo en cuenta que de las 1400 personas que acostumbran asistir

a un gimnasio, el 70 % (980 personas) asiste a los más grandes, podría afirmarse que el 30 % restante (420 personas) conforma el mercado objetivo.

Si bien el nuevo gimnasio no es conocido y que el tamaño de sus instalaciones y equipos es moderado, pero posee equipos modernos, por lo que aspira a captar inicialmente al menos el 30 % del mercado objetivo. Esta cifra es la base para calcular el mercado meta.

### *Ejemplo de cálculo de los mercados potencial, objetivo y meta por el método de ratios sucesivos*

Los métodos vistos anteriormente pueden ser aplicados de manera combinada para hacer cálculos más específicos, que permitan identificar el mercado objetivo y el mercado meta, como se muestra en el siguiente ejemplo.

Una empresa colombiana productora de patines deportivos quiere lanzar al mercado una nueva línea especializada para deportistas de alto rendimiento y de competencia artística, los cuales demandan patines con puntas para ballet y frenos de mayor agarre. Para que la empresa pueda calcular el tamaño del mercado, dispone de la siguiente información de reportada por la Federación Nacional de Patinaje:

De acuerdo con las proyecciones del DANE para el año 2020, la población total de Colombia se estimaba en 48 258 494 habitantes. Se identificó que solo el 3 % de esta población practica el patinaje, de los cuales el 30 % compite en diferentes modalidades y, dentro de este grupo, el 4.8 % compite en la modalidad artística. Estos patinadores conforman el mercado al que se dirige la oferta. Aplicando el método de ratios sucesivos para calcular el mercado potencial, objetivo y meta, se obtienen los siguientes resultados:

Mercado potencial, conformado por aquellos que podrían tener algún interés en el producto:

$$48\ 258\ 494 \times 3\% \times 30\% \times 4.8\% = 20\ 848 \text{ patinadores en modalidad artística.}$$

El mercado objetivo está conformado por el conjunto de consumidores o clientes que tiene interés, ingresos y acceso a una oferta en particular. En este caso, se requiere

depurar el mercado potencial, como se muestra en la figura 50, para identificar el mercado objetivo con base en las siguientes consideraciones:

- No todas las personas que conforman el mercado potencial, por el hecho de practicar el patinaje, están interesadas o en condiciones de adquirir los nuevos patines.
- Muchos de los actuales deportistas ya poseen patines especializados y solamente requieren reemplazarlos por cambio de talla o por necesidad de reposición ante desgastes o daños.
- Al ser un producto especializado, sus atributos y precio podrían excluir a deportistas principiantes o de ligas menores que prefieren empezar con productos menos costosos.

Cabe aclarar, que pueden existir otras consideraciones para analizar, dependiendo de cada caso en particular. Sin embargo, con base en las tres consideraciones mencionadas, el mercado objetivo una vez depurado quedaría así:

Del mercado potencial conformado por 20 848 personas, se estima que un 30 % no estaría en condiciones de adquirir nuevos patines, lo que deja un 70 % disponible. De ese 70 %, el 60 % ya posee patines, pero un 10 % de ellos requiere reemplazarlos. Esto resulta en la siguiente cifra:

Mercado objetivo o disponible:  $20\ 848 \times 70\% \times 40\% = 5838$ .

% de patinadores que desean reemplazarlos: 10 % = 876 personas.

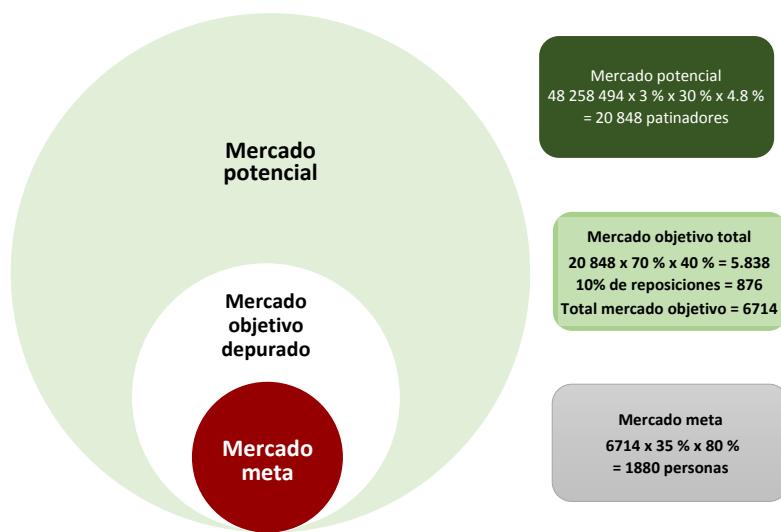
Por lo tanto, el mercado objetivo o disponible sería de  $5838 + 876$  (para reposición) = 6714 personas interesadas y en condiciones de aceptar la oferta.

Para el caso del mercado meta debe tenerse en cuenta que corresponde a la porción del mercado objetivo sobre la cual la empresa puede y desea captar clientes. Para esto se analizan variables como el tamaño proyectado de la empresa, su capacidad instalada (para empresa existente), su capacidad económica, la cobertura geográfica y la competencia para estimar la participación en el mercado, con base en lo cual se define la cuota del mercado al que se podría acceder.

Para el ejemplo, teniendo en cuenta que es una empresa existente, solo se considerará la variable de competencia que, para la nueva línea de patines, está conformada por otras empresas nacionales pequeñas que importan el producto, y por una multinacional líder en el mercado que produce y vende un producto similar. Se estima que, en conjunto, estas empresas tienen una participación del 65 %, dejando disponible solo el 35 % del mercado. La empresa estima que, por precio y calidad, puede captar el 80 % del mercado disponible y el 10 % del mercado de la competencia.

Cálculo del mercado meta =  $6714 \times 35\% \times 80\% = 1880$  personas.

Una vez definido este mercado, se debe identificar la frecuencia de compra para estimar tanto el tamaño de la demanda en total de productos, volumen, o servicios por parte de las personas o entidades del mercado y, a partir de ésto, el tamaño del proyecto. Es decir, debe hallarse el número de unidades a producir en un periodo dado y decidir si el tamaño del mercado es atractivo o no para crear una nueva empresa o lanzar un nuevo producto.



**Figura 50.** Ejemplo de cálculo del tamaño del mercado

**Fuente:** elaboración propia.

## Segmentación del mercado

Un mercado está compuesto por consumidores heterogéneos con distintos deseos, gustos, preferencias, hábitos y capacidad de compra, por lo que una empresa difícilmente puede llegar a suplir todas las necesidades diversas que se presentan en este. Por ejemplo, una empresa que ofrece servicios turísticos encuentra que las preferencias de sus clientes pueden ser diversas: algunos desean programas de aventura, otros, por el contrario, desean programas culturales, de descanso, etc.

La segmentación del mercado es por lo tanto una estrategia de *marketing*, que consiste en dividir los clientes en grupos más pequeños y con características homogéneas por el tipo de deseos y necesidades, de tal manera que la empresa, según sus recursos y capacidades, pueda seleccionar los grupos de interés y ofrecerles productos y servicios congruentes con sus necesidades específicas, y enfocar sus esfuerzos comerciales en forma diferenciada a cada segmento. Desde este punto de vista, puede enfocarse en: el mercado total o masivo, o no diferenciado; un mercado segmentado o diferenciado; un mercado concentrado (de nicho); o en un mercado personalizado (local o individual).

### ***Enfoque de mercado total o masivo***

Se le denomina también *marketing* indiferenciado. Ha sido el más utilizado durante varias décadas y es comúnmente usado por aquellas empresas que tienen producción y distribución en masa, por lo que promocionan su producto de manera similar para todos sus consumidores. En este proceso, tienen en cuenta que no requieren hacer diferenciación por las características homogéneas de sus clientes o por el tipo de producto que ofrecen (productos genéricos, alimentos básicos, etc.). También puede ocurrir que los recursos y tamaño de la empresa no les permite realizar un *marketing* diferenciado, por lo que atienden el mercado de forma masiva.

El *marketing* masivo puede representar menores costos para la empresa; sin embargo, todos los días se dificulta más, pues dado el avance de los medios publicitarios y digitales, y de los sistemas y canales de distribución, se puede llegar a los consumidores de múltiples formas y estos pueden acceder a una gran diversidad de productos y servicios provenientes de cualquier lugar del mundo. El *marketing* no diferenciado parte de las siguientes premisas: (1) el mercado lo constituyen todos los compradores potenciales

del producto, (2) todos tienen la misma necesidad, (3) la empresa no considera relevantes las diferencias en el mercado y los clientes, (4) la empresa diseña y ofrece una oferta única, y (5) en busca de la eficiencia, se ahorra en costos de producción y hay menor esfuerzo de *marketing*.

### ***Enfoque de mercado segmentado o diferenciado***

Actualmente muchas empresas adoptan una estrategia de mercadeo diferenciada, dadas las necesidades crecientes y diversificadas de los consumidores, por lo que pueden decidir entre concentrarse en uno o en diversos segmentos. Si una empresa decide atender a un solo segmento se denomina *marketing* concentrado, el cual busca tener una posición fuerte y reconocida en ese único segmento del mercado y tener menos competencia. La empresa también podría concentrarse en un solo segmento en razón de sus recursos limitados que no le permiten expandirse más.

Cuando la empresa decide subdividir aún más cada segmento se enfoca en el denominado *marketing* de nichos, en el cual puede prestar un servicio altamente especializado; sin embargo, debe tener en cuenta que el tamaño de los nichos sea suficientemente grande para mantener el equilibrio entre servicio y rentabilidad. Por otro lado, si la empresa decide cubrir diversos segmentos de manera específica, se requiere que cada uno tenga un tamaño atractivo, con capacidad de compra y crecimiento futuro, y que sus diferencias entre sí sean claras para que la rentabilidad justifique enfocar las acciones de mercadotecnia para cada grupo. Actualmente, también se está implementando el *marketing* personalizado, también conocido como *marketing* de uno a uno, que trata a cada cliente de manera individual gracias al uso de la tecnología.

La segmentación del mercado se fundamenta en cuatro aspectos: (1) la necesidad de innovación, diferenciación y adaptación del producto, de acuerdo con los requerimientos específicos de los clientes que, a su vez, responden a las exigencias actuales del mercado; (2) descubrir oportunidades comerciales al identificar segmentos que no están siendo bien atendidos; (3) buscar mayor eficiencia en la asignación de recursos de *marketing*; y (4) adaptar los recursos y capacidades de la empresa al tamaño del mercado.

## Formas de segmentación

Las empresas pueden realizar su segmentación de múltiples maneras, de acuerdo con el tipo de producto, cliente, mercado al que se dirigen, entre otros criterios. Para la segmentación se utilizan por lo general variables demográficas, geográficas y psicográficas, así como datos sobre el comportamiento de los consumidores frente al producto cuando se aplica al mercado de consumidores. Cuando se trata de mercados institucionales o empresariales, lo más común es utilizar criterios como tipo y tamaño de la organización, la frecuencia y comportamiento de compra, la posición en el mercado y la ubicación geográfica. A continuación, se presentan algunos tipos de segmentación. En la figura 51 se muestran los grupos de variables más utilizadas para segmentar los mercados, tanto para los mercados de consumo, como para los mercados empresariales e institucionales.

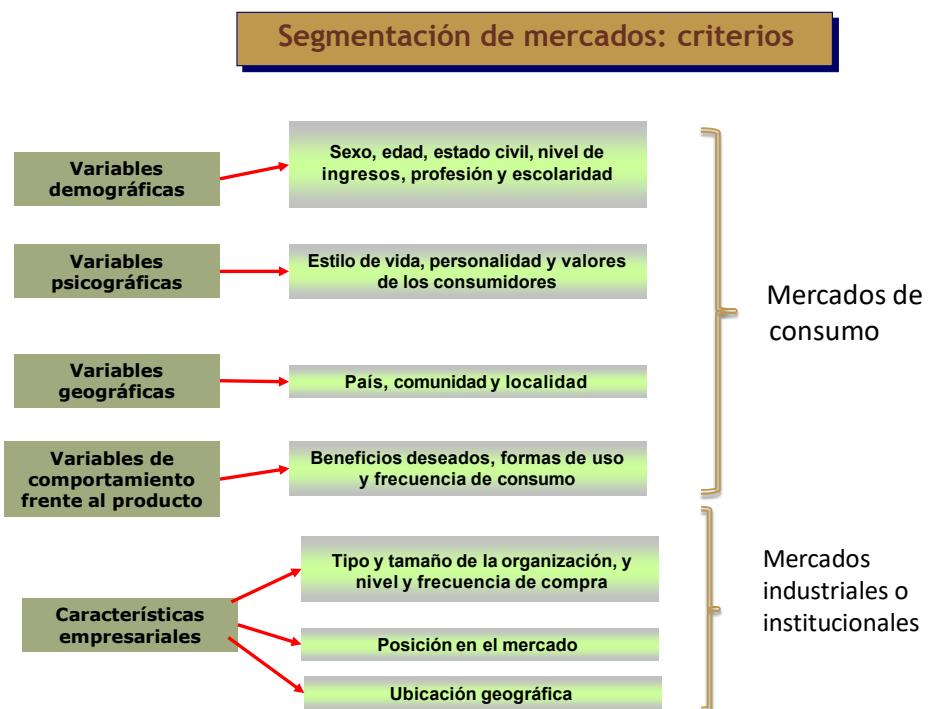


Figura 51. Criterios para segmentar un mercado

### a) Segmentación del mercado de consumidores

El mercado de consumidores es tan amplio que generalmente requiere utilizar diversas variables y criterios de segmentación como edad, sexo, ingresos, localización, estrato

socioeconómico, etc. A partir de estas variables, las segmentaciones más comunes son: segmentación geográfica, segmentación demográfica, segmentación psicográfica y segmentación con base en el comportamiento frente al producto.

Cuando el tipo de negocio y su tamaño lo ameritan, para identificar grupos más reducidos y mejor definidos, cada una de las variables se puede dividir en subcategorías que pueden usarse de forma independiente o combinada. Por ejemplo, los grandes almacenes, que operan en diversos lugares del país, realizan primero una segmentación geográfica combinada con una segmentación demográfica de acuerdo con los niveles de ingreso. Por ejemplo, la cadena de Almacenes Éxito se subdivide en las tiendas Carulla (ingresos altos), Éxito (ingresos medios) y Surtimax (menores ingresos).

### **b) Segmentación de mercados empresariales e institucionales**

La segmentación de los mercados industriales, institucionales, gubernamentales y de intermediarios, cada vez es más frecuente e importante para las empresas oferentes debido a la heterogeneidad, complejidad y el tamaño de los mercados, que suelen ser bastante atractivos y representar mayor rentabilidad relacionada con el volumen. Estas características exigen a las empresas que operan en estos mercados un relacionamiento más directo con sus clientes.

## **Estructura organizacional de la empresa para el soporte de la función comercial**

La función comercial, como se describió anteriormente, incluye el conjunto de actividades que debe realizar la empresa para poner su producto en el mercado, e incluye actividades como el estudio de las necesidades del cliente, la promoción y publicidad del producto, y la venta y la posventa. En resumen, es aquella que realiza las diferentes actividades de la empresa de cara a sus clientes. Por lo tanto, la función comercial integra las funciones de *marketing* y de ventas, lo cual no significa que el *marketing* sea igual a venta, pues estos dos conceptos son diferentes aun cuando el resultado final sea el mismo. La función principal de la venta es promover y conseguir el acto de compra, y la del *marketing* se enfoca en conocer y monitorear el mercado tanto de clientes como de competidores, y establecer relaciones de intercambio para detectar nuevas necesidades,

insatisfacciones de los clientes, nuevas formas de competir, etc. Para aclarar tal diferenciación, Kotler y Keller se refirieron al tema expresando que:

La venta se preocupa por la necesidad del vendedor de convertir su producto en dinero, el *marketing* lo hace con la idea de satisfacer las necesidades del cliente a través del producto y del conjunto de aspectos asociados con su creación, entrega y consumo final (2016, p.22).

Actualmente todas las empresas involucran la función comercial dentro de su estructura organizacional; sin embargo, tanto el enfoque como la organización varía mucho. En algunas empresas la función comercial está dentro de un mismo departamento; en otras, las dos áreas de ventas y *marketing* se encuentran separadas. La decisión de integrarlas o separarlas depende de aspectos como los objetivos de la empresa, el tamaño, el tipo de mercado, el producto o servicio ofrecido, la importancia que se le quiera dar a cada una, las estrategias, la inversión disponible para investigación de mercados, promoción y publicidad, etc.

Los cambios en el entorno de los negocios, así como las nuevas tecnologías de información y comunicaciones, han permitido una relación más directa entre la empresa y el cliente, por lo que el área de *marketing* tiene un nivel protagónico dentro de la organización e involucra a todos los niveles de la empresa, partiendo desde la dirección hasta las demás áreas. Sus estrategias están enfocadas en la innovación y diversificación de productos, y el desarrollo de nuevos mercados y negocios.

Teniendo en cuenta que el objetivo del *marketing*, según Kotler y Keller, es el de «conservar y aumentar los clientes mediante la creación, entrega y comunicación de valor superior para el cliente» (2012, p.26), las actividades que las áreas de *marketing* y ventas deben desarrollar en forma coordinada con otras áreas de la organización. La primera de ellas es el área de *marketing*, que se encarga de:

- Procesos de sondeo del mercado, investigación e inteligencia de mercados.
- Elaboración de planes de *marketing*.
- Proceso de elaboración de nuevas ofertas.

- Procesos encaminados a la adquisición de nuevos clientes y a la administración de las relaciones con estos.
- Desarrollo de estrategias relativas al producto, precio, promoción, distribución y comunicación de imagen.
- Definición y gestión de canales de distribución.
- Sistematización de las actividades de *marketing* y uso de nuevas tecnologías.
- Desarrollar un sistema confiable de información para supervisar de cerca su entorno de *marketing*.

En segundo lugar, está el área de ventas, encargada de labores como:

- Gestión de ventas.
- Negociación con clientes.
- Gestión de precios.
- Establecimiento de los costos de ventas.
- Control de la fuerza de ventas.

## Estrategias de *marketing*

La función de *marketing* parte de la detección de las preferencias de una población objetivo, de la búsqueda de la mejor manera de satisfacer sus necesidades, deseos y expectativas, así como de las actividades enfocadas a la creación de valor, los clientes. De acuerdo con lo anterior y con el fin de desplegar la función de *marketing*, se requiere realizar un proceso de planeación estratégica que se ejecuta en tres niveles.

En el primer nivel se desarrollan estrategias corporativas y competitivas que definen los objetivos y el rumbo a largo plazo de la empresa, teniendo en cuenta el entorno, la competencia y las capacidades internas, y se diseñan para orientar el desarrollo y el crecimiento de la organización; en el segundo nivel se definen las estrategias denominadas funcionales, dentro de las cuales está el área comercial que, con las demás áreas

funcionales de la empresa, deben responder y soportar la estrategia corporativa para lograr los objetivos propuestos, como se muestra en la figura 52:



**Figura 52.** Planeación estratégica de *marketing*

## Los instrumentos del *marketing*: *marketing mix*

La finalidad principal de la estrategia empresarial es conducir la empresa hacia el cumplimiento de los objetivos fijados en el plan estratégico. En términos de *marketing*, el objetivo es desarrollar una ventaja competitiva y sostenible para la empresa, para lo cual emplea la denominada mezcla de mercadotecnia (*marketing mix*). El *marketing mix* es el conjunto de instrumentos y herramientas utilizados por la dirección de *marketing* para llevar a cabo los planes de acción que posibilitarán el cumplimiento de la estrategia corporativa. El concepto de *marketing mix* también es conocido como la teoría de las cuatro «p», que fue desarrollada por Borden (1964) y divulgada por McCarthy en 1960. Esta teoría hace referencia a las cuatro variables principales del *marketing*, que requieren ser combinadas para lograr los objetivos propuestos y, de acuerdo con los términos en inglés, se concretan en:

- *Product*: producto
- *Place*: plaza (distribución)
- *Promotion*: promoción
- *Price*: precio

Las cuatro variables pueden ser controladas por la empresa y se usan en forma combinada e interrelacionada para comunicar y proporcionar la oferta de valor a los diferentes tipos de clientes. Sin embargo, este conjunto de decisiones debe empezar por la adecuada planificación del primero de los elementos (producto), teniendo en cuenta que un mismo producto puede tener variaciones según los lugares en los que se distribuye (plaza), con precios acordes a cada plaza, y diversas formas de comunicación con los clientes (promoción), razón por la cual recibe el nombre de mezcla de mercadeo.

El modelo de las cuatro «p» está bastante generalizado en la mercadotecnia, aunque con el tiempo se consideró que es limitado ante al comportamiento dinámico de los mercados. Bernard Booms y María Bitner, 1981, citados en Fernández. V. (2015), ampliaron el modelo de McCarthy de las cuatro «p» a las siete «p», con el fin de incluir nuevas variables y adaptarlo mejor a la prestación de servicios. Las tres variables nuevas se refieren a:

- Personas: para referirse tanto al personal involucrado en la prestación del servicio como a los usuarios.
- Procesos: asociados a la cadena productiva.
- Prueba física: enfocada principalmente a los bienes intangibles que, al no poderse observar como los bienes físicos, requieren pruebas de confiabilidad para el cliente cuando son adquiridos. Por ejemplo, por medios digitales como etiquetas, folletos u obsequios, que aportan cierto carácter visible; como también el entorno físico en el que se ofrece el servicio.

## Aplicación del modelo

En cada uno de los elementos que conforman el modelo de las cuatro «p», se requiere la definición de sus componentes, como se muestra en la figura 53.

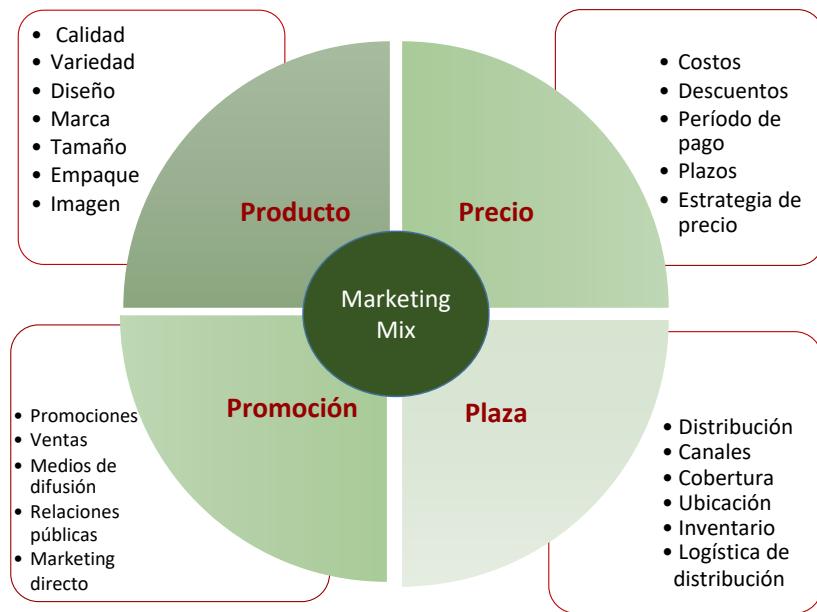


Figura 53. Decisiones en el *marketing mix*



## Capítulo 12. Tecnología de proceso

## Concepto de proceso

El término proceso se utiliza en múltiples ámbitos, dependiendo de su aplicación. Por ejemplo, puede hablarse de proceso administrativo, proceso productivo, proceso judicial, proceso de investigación, etc. En todos los casos se refiere de manera general a una secuencia de pasos, etapas o procedimientos, que se realizan para la obtención de un resultado. En el ámbito económico el término se circunscribe a las actividades productivas. La Organización Internacional de Normalización (ISO), en la norma UNE 9000:2000, define proceso como: «Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados» (Nueva ISO, 2015).

Este libro se centra en los procesos de producción de bienes y servicios y, de manera específica, en la tecnología de procesos, que se refiere al conjunto organizado de conocimientos aplicados al procesamiento de un bien o servicio. La esencia está en las operaciones a ejecutar, los principios físicos y químicos que rigen las variables del proceso, los métodos de trabajo, la organización de los flujos de materiales y materia prima, el uso y evaluación de la maquinaria y la programación de la producción.

## Proceso de producción

Fernández S., Avella y Fernández B. definieron al proceso productivo como: «el conjunto de actividades por medio de las cuales los factores productivos entre ellos tierra, capital, tecnología y fuerza de trabajo se transforman en productos, creando riqueza y añadiendo valor a los componentes o *inputs* adquiridos por la empresa» (2006, p. 32). Según Chase, Jacobs y Aquilano (2009), un proceso productivo también es sinónimo de sistema de producción o sistema productivo, lo cual significa que puede estar representado por una empresa, constituida por subsistemas o áreas funcionales que trabajan como un todo, y que genera bienes y servicios destinados a satisfacer las necesidades de la sociedad.

Los elementos fundamentales que hacen parte de un proceso de producción son: los factores productivos, la tecnología de proceso y los bienes y servicios, como aparece en la figura 54.

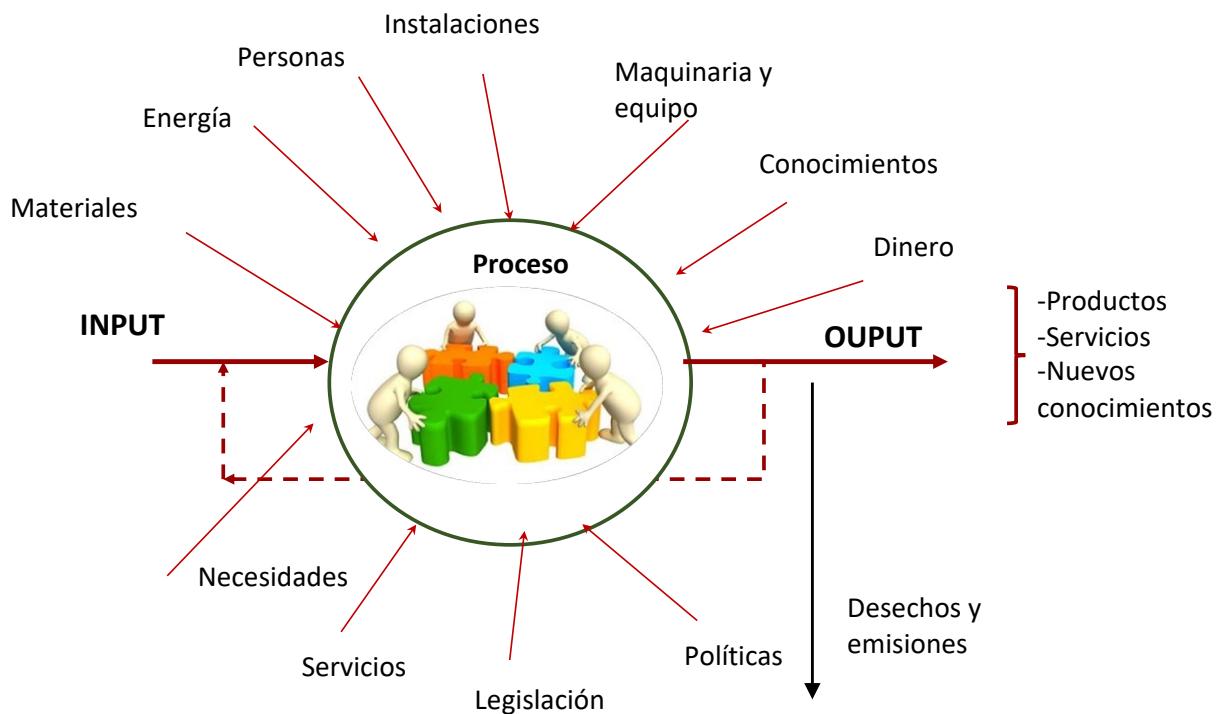


Figura 54. Elementos de un proceso productivo

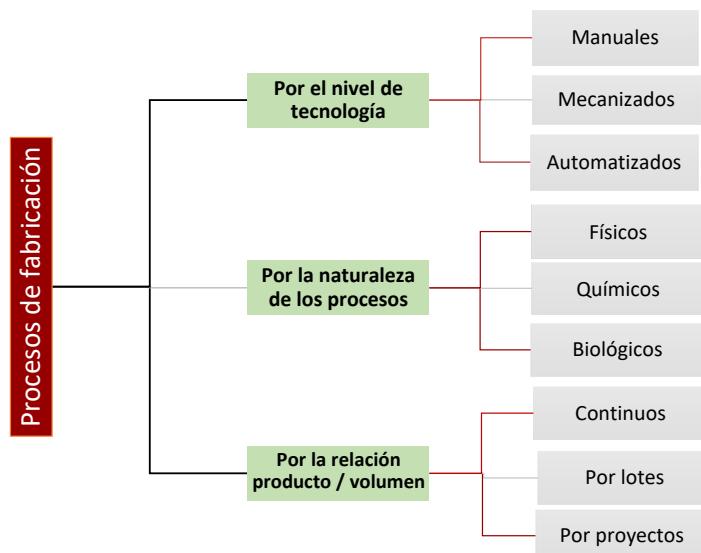
Los factores productivos son los recursos requeridos en el proceso de producción, conformados por los materiales, materia prima, energía y capital, que entran al proceso, para ser combinados y transformados. Por su parte, el hombre aporta sus conocimientos, habilidades y destrezas para lograr la transformación de la materia prima. Además de ello, toma información del medio para detectar las necesidades y expectativas de los usuarios para convertirlas en productos y servicios útiles para la sociedad. La maquinaria, equipos, instalaciones y equipo conforman lo demás factores requeridos y se convierten en los medios de producción.

La tecnología de proceso se refiere a los conocimientos y medios que se utilizan para lograr la transformación y conseguir la eficiencia del sistema. Por otro lado, el proceso es el conjunto de actividades o acciones que transforman las entradas en salidas. Estas actividades pueden ser de tipo físico, químico, mecánico, tecnológico, administrativo, etc. Así, entendemos las salidas como aquellos productos y servicios que resultan del proceso de producción; es decir: salen del sistema para satisfacer las necesidades del mercado. Adicionalmente, de todo proceso resultan residuos que pueden ser aprovechables y convertirse en subproductos, así como desechos que deben ser manejados para la protección del medio ambiente.

Cuando la representamos como un sistema, como se muestra en la figura 54; los factores productivos son las entradas al proceso o inputs. El proceso combina los medios humanos, materiales y conocimientos para lograr el resultado esperado y agregar valor a cualquier actividad, y los bienes y servicios representan los resultados o salidas del proceso de transformación.

## Tipos de procesos

Los procesos pueden clasificarse, según el objeto, en administrativos, de fabricación y de servicios. No obstante, por el objeto de este texto, este capítulo se refiere principalmente a los procesos de fabricación sin desconocer, como se ha mencionado en capítulos anteriores, que el ingeniero industrial puede intervenir en cualquier tipo de proceso. Un proceso de fabricación se define como: «[La] secuencia de operaciones químicas, físicas biológicas que son necesarias para la transformación, el transporte y el almacenamiento de materiales o energía» (Organización Internacional de Normalización, 1997). Los procesos de fabricación pueden ser clasificados de varias maneras, y es común clasificarlos según el nivel de tecnología utilizado en la manufactura, la naturaleza de los procesos de transformación y las formas en que se configura el proceso en función de la naturaleza del producto y el volumen de fabricación. Estas clasificaciones se ilustran en la figura 55.



**Figura 55.** Clasificación de los procesos de fabricación

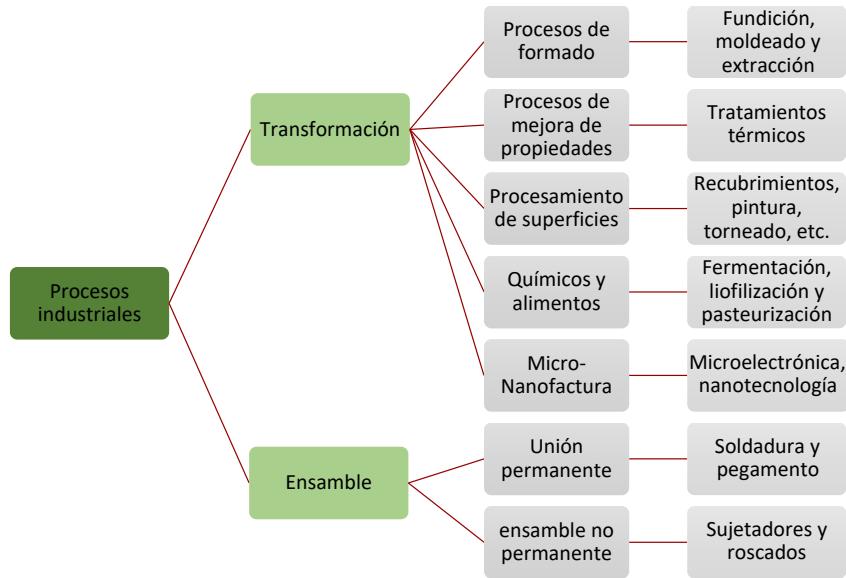
## ***Según el nivel de tecnología***

Los procesos pueden ser manuales, mecánicos y automatizados, diferenciándose por el uso o no de maquinaria y herramientas, así como por su grado de avance tecnológico. Esto influye en el tipo de producto y tarea que se realiza. Los procesos manuales se utilizan para productos únicos o de baja demanda, o para tareas que requieren habilidades humanas específicas. Los procesos mecánicos implican el uso de máquinas y herramientas para la fabricación de productos simples o altamente demandados, o para tareas que requieren precisión y repetición. Los procesos automatizados, por otro lado, tienen una intervención mínima o nula del ser humano en las operaciones y se utilizan para productos complejos o de alto volumen, o para tareas que requieren velocidad y calidad. El grado de automatización puede variar desde un nivel bajo hasta un nivel alto.

## ***Por la naturaleza del proceso***

Los procesos se clasifican según el tipo de cambio que ocurre en la materia o su estructura, por lo que se dividen en dos categorías: procesos de transformación y procesos de ensamblaje. Dentro de los procesos de transformación se encuentran los procesos químicos, donde se produce un cambio en la composición o estructura de los materiales; los procesos físicos, que implican cambios mecánicos o de las propiedades físicas del material, como estado, forma y temperatura, sin alterar la naturaleza o identidad de los materiales; y los procesos biológicos, donde la transformación ocurre debido a la acción de seres vivos o sus componentes. Los procesos de ensamblaje, por otro lado, involucran una serie de acoplamientos de materia prima (soldadura, remachado, atornillado, pegado, etc.) para formar el producto final. Ejemplos de estos procesos incluyen la industria automotriz, de muebles y electrónica.

En la figura 56 se muestra la clasificación general de las operaciones de cada uno de los procesos.



**Figura 56.** Clasificación de los procesos industriales

## Diseño del proceso productivo

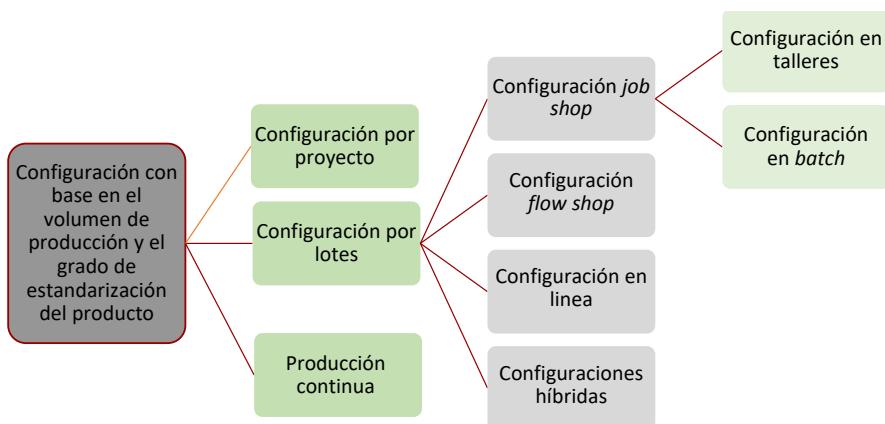
Diseñar el proceso significa seleccionar los diferentes factores productivos requeridos, determinar cada una de las operaciones y secuencias necesarias, organizar el proceso teniendo en cuenta sus condiciones específicas, seleccionar la mejor estrategia para la obtención de las salidas deseadas, así como otras condiciones que deben considerarse para cumplir las expectativas de los clientes, y los requerimientos y restricciones de la empresa.

El diseño del proceso debe buscar la mayor eficiencia y eficacia posibles, por lo que el sistema de organización del proceso, o configuración productiva, tiene un papel importante y depende esencialmente de factores como el tipo de producto, tamaño, variedad, grado de estandarización, frecuencia de producción, grado de especialización de la maquinaria requerida, volumen de producción, etc.

Con base en lo anterior, autores como Álvarez, et al. (2005), Schroeder (2005), entre otros, definen tres tipos de configuraciones productivas genéricas: (1) por proyecto; (2) por lotes, que se divide en otros dos tipos que son la configuración orientada al proceso o funcional (*job-shop*) y la configuración orientada al producto (*flow-shop*); y (3) configuración para la producción continua.

## Configuraciones productivas

Como se mencionó previamente, la configuración del proceso productivo está determinada por el tipo de producto, la variedad de productos fabricados, el grado de estandarización y el volumen de producción. La figura 57 ilustra las formas más comunes de configuración, incluyendo las diferentes variantes de la configuración por lotes. A continuación, se describen las características que definen cada una de estas variantes.



**Figura 57.** Configuración del proceso productivo

### Configuración por proyectos

La configuración de proyectos se emplea para elaborar uno o varios productos o servicios de gran magnitud y de cierta complejidad, con períodos largos de fabricación o de duración del proyecto. Normalmente los recursos requeridos para la fabricación (maquinaria, materiales, etc.), dada su especificidad, requieren ser trasladados al lugar donde se elabora el producto o se genera el servicio, de ahí que también se les conozca como «de posición fija», ya que los recursos y personas llegan al punto de fabricación mientras el producto permanece fijo. Para este tipo de proceso se requiere gran coordinación de actividades y recursos. Entre estos procesos se encuentra la fabricación de productos por posición fija, como en el caso de los barcos y aviones; los proyectos de construcción; y otros proyectos múltiples que se realizan en el mismo lugar, como las líneas férreas, puentes y carreteras.

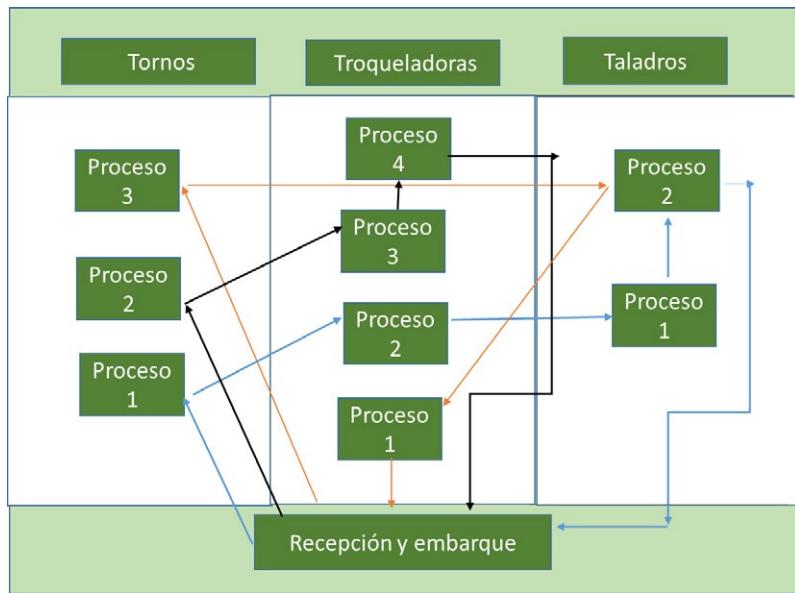
## Configuración por lotes

Es el sistema utilizado por empresas que producen gran variedad de productos dentro de la misma línea, agrupándolos en lotes de producción donde cada uno tiene una cantidad limitada para atender un volumen determinado de ventas. Cada lote de producción es procesado de diferentes maneras. En algunas industrias, cada lote es procesado completamente, para luego iniciar la producción de otro. En otras industrias, se pueden procesar dos o más lotes en forma simultánea y con secuencias diferentes. El sistema de producción por lotes se utiliza principalmente en industrias como: autopartes, productos cerámicos, electrodomésticos, máquinas y motores eléctricos, tejidos, juguetes, etc. De acuerdo con el tamaño de los lotes fabricados, se pueden diferenciar cuatro tipos de configuraciones: *Job Shop*, *Flow-Shop*, en línea e híbrida.

- a) Configuración *job shop*: es utilizada por las empresas que procesan volúmenes relativamente bajos y gran variedad de productos, con una estandarización reducida en función de los requerimientos de los clientes. Además, sus productos son fabricados en pequeños lotes. Entre sus principales características está el uso de herramientas, equipos y operaciones poco especializados y versátiles, y las secuencias de producción son particulares y no repetitivas.

Cuando los productos son hechos a la medida o personalizados según el cliente, suele denominarse configuración medida o talleres. Si las operaciones y los equipos requeridos son más especializadas, pero mantienen un alto grado de variedad y flexibilidad en el producto, puede tratarse de una configuración en *batch*, que permite al cliente seleccionar partes del producto a su gusto. Por ejemplo: ebanisterías, empresas metal mecánicas, pequeñas fábricas de muebles, etc.

La figura 58 muestra el flujo del proceso en una configuración de *job shop*, donde cada lote de productos puede tener órdenes y secuencias de operaciones diferentes, y pasar por diferentes estaciones de trabajo. Esto se debe a las características y requisitos específicos de cada pedido del cliente. La maquinaria utilizada en este tipo de configuración es de propósito general y puede adaptarse para fabricar diversos productos.

Figura 58. Configuración *Job Shop*

- b) Configuración *flow-shop*: se utiliza en empresas en las que se fabrican lotes de tamaño mediano y con altos niveles de estandarización, usando la misma maquinaria, por ser de propósito general. Generalmente la variedad de productos en estas empresas es baja y está organizada linealmente en centros de trabajo a través de los cuales pasan los productos que tienen una relación de procesos y secuencias similares, aunque no idéntica, lo que hace que el recorrido al interior de la planta sea más ordenado que en la configuración de *Job shop*.
- c) Configuración en línea: Se utiliza en la fabricación de grandes lotes de cierta variedad de productos, pero muy estandarizados y técnicamente homogéneos. Se denomina en línea debido principalmente a la trayectoria que sigue el producto dentro de la planta de producción. Las operaciones se realizan una tras otra como en una línea de montaje, con poca flexibilidad en el proceso. En este caso la maquinaria es mucho más especializada que en los anteriores y los procesos son más homogéneos; no obstante, deben ajustarse para desarrollar operaciones similares, pero no exactamente iguales. Un ejemplo claro de este tipo de configuración es el ensamblaje de automóviles.

- d) Configuración hibrida: es una aplicación de la tecnología de grupos, en la que se hace la agrupación en familias de piezas similares. Aprovecha las ventajas de la producción en línea y de la fabricación en lotes. En esta configuración se distinguen dos tipos principales: células de manufactura flexible y módulos de manufactura.

### ***Sistema de producción continua***

El sistema de producción continua es utilizado por empresas que procesan volúmenes grandes de productos, con alto grado de estandarización y sin modificaciones en un largo periodo de tiempo, lo cual implica un elevado nivel de integración tecnológica. El flujo de producción es ininterrumpido en el tiempo, dado que las paradas son muy costosas. Es el caso de las industrias licoreras, refinerías, papel y celulosa, siderúrgicas, ingenios azucareros, productos químicos, etc.

La principal característica de la producción continua es la especialización e integración del proceso de la maquinaria, el equipo, la materia prima y los materiales. Los métodos y procesos de trabajo tienen un alto grado de estandarización. Las plantas, por lo general, están dispuestas linealmente y de forma secuencial para la producción de cada componente del producto final.

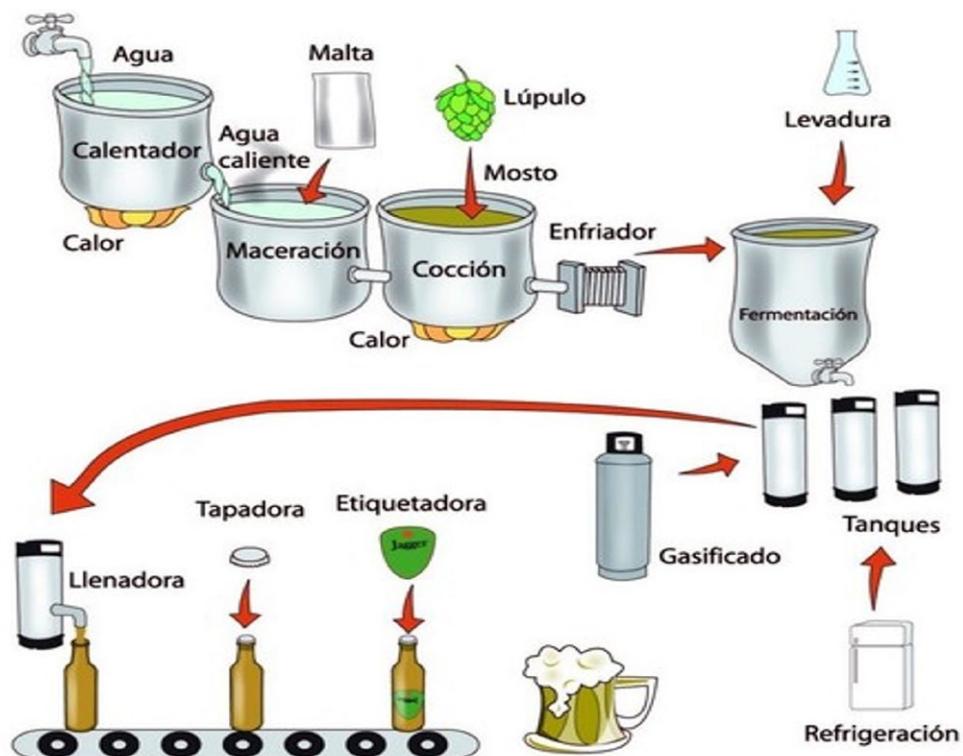
### **Diagramas de proceso**

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua, un diagrama es un «dibujo geométrico que sirve para demostrar una proposición, resolver un problema o representar de manera gráfica la variación de un fenómeno» (2014). Los diagramas de proceso, también denominados cursogramas, son usualmente utilizados para representar por medio de símbolos cada uno de los pasos, actividades, procedimientos o acciones que conforman un proceso determinado, cualquiera que sea su tipo. Muestran la secuencia y relación entre las operaciones y algunas características, condiciones y componentes del proceso, facilitando su comprensión. Algunos de los tipos de diagramas más importantes son: ideograma, diagrama de precedencia, cursograma sinóptico, cursograma analítico, diagrama de recorrido y flujograma.

## Ideogramas

Como su nombre lo indica, es un diagrama que permite representar una idea global de un proceso, por medio de gráficos con las principales operaciones que sigue el proceso para la elaboración de un producto. Estas actividades pueden estar relacionadas con modificar, añadir, mezclar, ensamblar, y otras relacionadas con crear o modificar algo en el producto, como se muestra en la figura 59.

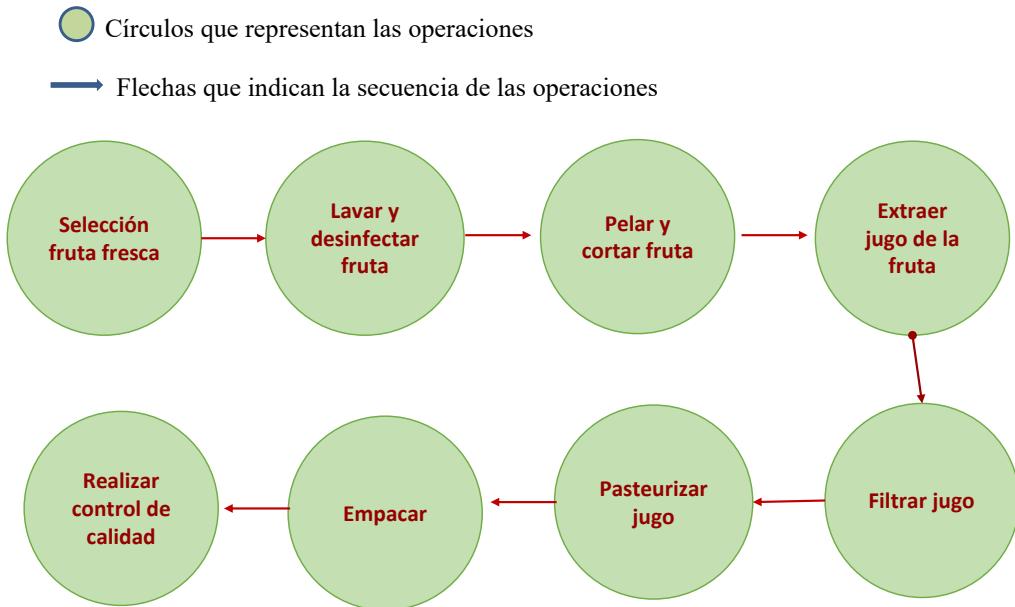
**Figura 59.** Ejemplo de un ideograma: proceso de fabricación de la cerveza artesanal



Fuente: imagen tomada de Pinterest (2023).

## Diagrama de precedencia: recorrido de actividades

El diagrama de precedencia muestra secuencialmente las principales operaciones de un proceso. Puede ser lineal o tener varias líneas simultáneas de operaciones que se realizan en forma paralela, para luego encontrarse en una sola línea. El objetivo de este diagrama es presentar la secuencia u orden de las operaciones que conforman un proceso productivo. Este diagrama usa simbología como la que aparece en la figura 60.

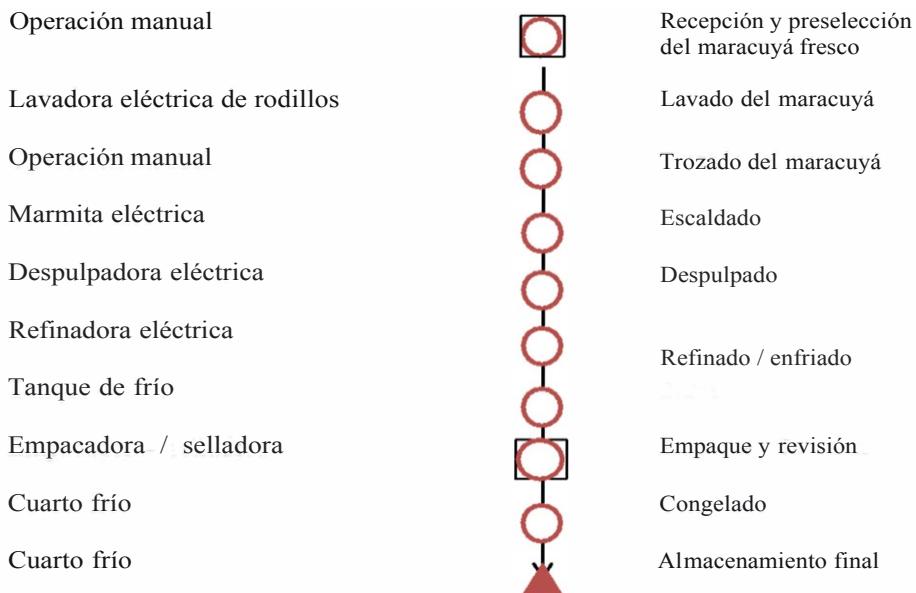
**Figura 60.** Ejemplo de un diagrama de precedencia

### Cursograma sinóptico (diagrama de operaciones del proceso)

También conocido como diagrama de operaciones, se utiliza para representar una aproximación al método de trabajo, indicando en orden cronológico las principales operaciones e inspecciones de un proceso productivo. El diagrama también puede mostrar los puntos donde se introduce la materia prima y el tiempo de la operación (cuando se conoce), pero no tiene en cuenta quién ejecuta las acciones ni dónde se llevan a cabo. Para su representación se utilizan solo tres símbolos, que hacen parte de la notación estándar internacional para procesos, así: el círculo representa una acción u operación, el cuadrado es utilizado para indicar que en el punto se realiza una inspección de la operación y ambos símbolos combinados indican una inspección simultánea con la operación (ver figura 61).

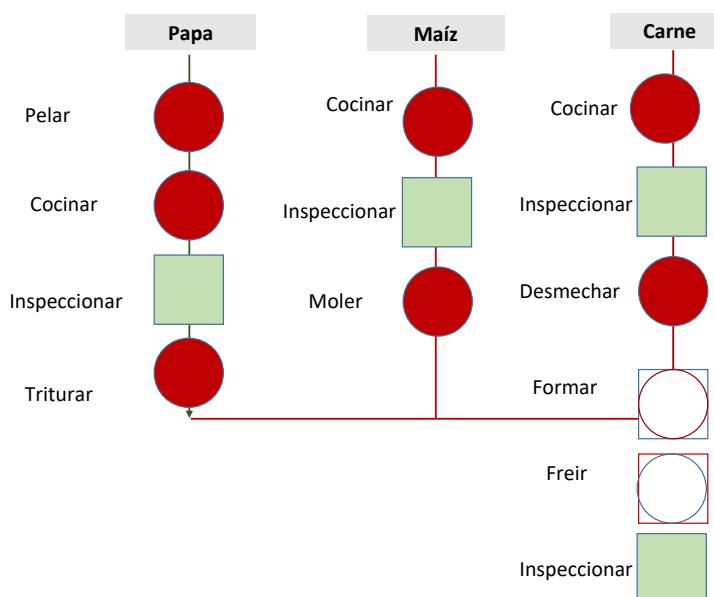
**Figura 61.** Símbolos cursograma sinóptico

En un proceso puede haber solo una línea para la elaboración del producto, o puede haber una línea de flujo principal y una o varias secundarias en las que se realizan otras partes del producto y luego se unen con la línea principal. En las figuras 62, 63 y 64 aparecen tres ejemplos de cursograma sinóptico.

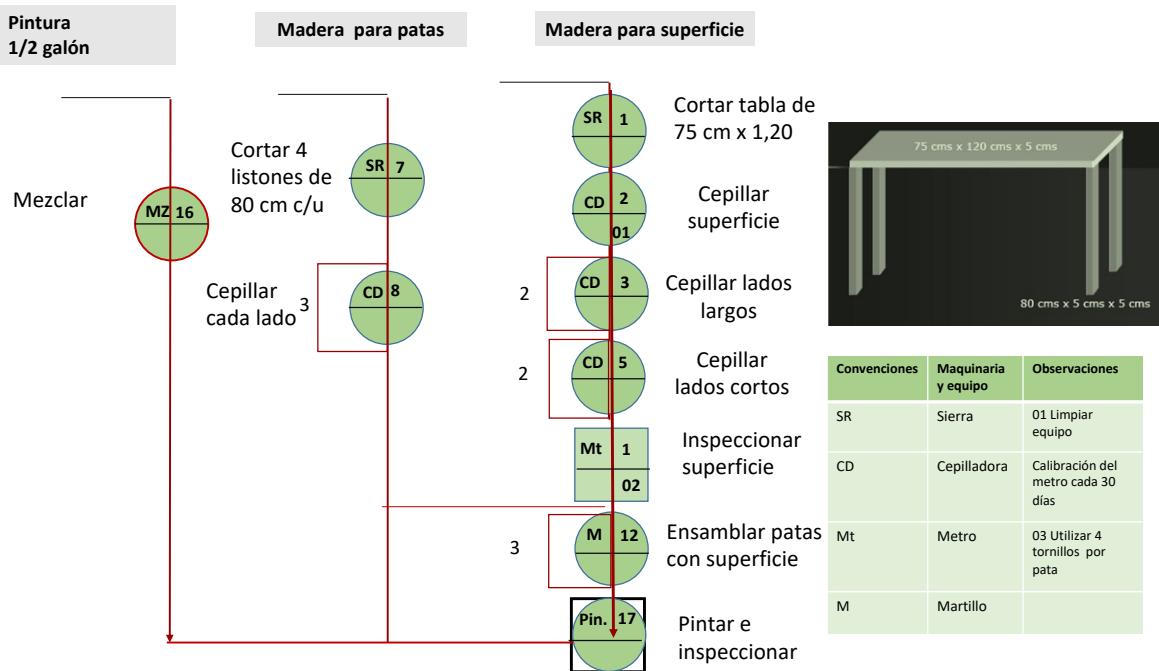


**Figura 62.** Ejemplo de aplicación de cursograma sinóptico para un proceso en una sola línea

**Fuente:** elaboración propia con base en Fao.org. Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala.



**Figura 63.** Cursograma sinóptico con operaciones en paralelo y subensamble



**Figura 64.** Cursograma sinóptico con información sobre elaboración de una mesa

**Fuente:** elaboración propia con base en observación directa del proceso.

La figura 63 muestra el cursograma sinóptico con las operaciones principales y las inspecciones, en la preparación de un producto típico colombiano. En el proceso existe una línea de ensamble, la cual debe graficarse siempre a la derecha del diagrama para que lleguen a esta las diferentes líneas secundarias que representan los subensambles.

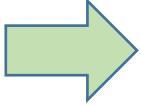
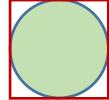
La figura 64 muestra otra versión del cursograma sinóptico, aplicado a la elaboración de una mesa de madera, en el cual, a diferencia de los anteriores, se presenta información en cada uno de los símbolos de operación relativa a las máquinas que intervienen, la secuencia de las operaciones y las observaciones relacionadas al proceso.

### Cursograma analítico

Un cursograma analítico, también denominado diagrama analítico de proceso, muestra la secuencia de las diferentes actividades relacionadas con el proceso, de manera más detallada que el cursograma sinóptico. Además de las operaciones e inspecciones, muestra toda la trayectoria del producto, indicando los desplazamientos (transportes), bien sea del operario, del material o del equipo, así como las demoras, esperas y almacenamientos.

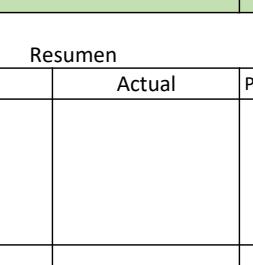
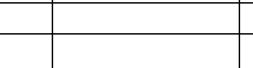
Cada actividad está representada por un símbolo diferente con una breve descripción de la etapa del proceso y están unidas entre sí con flechas que indican la dirección de flujo. La tabla 5 muestra los símbolos que son utilizados universalmente.

**Tabla 5. Simbología de procesos del cursograma analítico**

Símbolo	Significado	Descripción
	OPERACIÓN	Denota cualquier tipo de operación que se realice bien sea por una máquina o el hombre
	TRANSPORTE	Indica movimiento de los trabajadores, los materiales, o el equipo
	INSPECCION	Se usa para realizar actividades de verificación, de calidad, medidas, empaques, etc.
	ESPERA	Almacenamiento temporal o demora dentro del proceso
	ALMACENAMIENTO	Depósito de materiales, o productos terminados en un área específica para almacenamiento
	OPERACIÓN CON INSPECCIÓN	Operación que conlleva simultáneamente una inspección

Al realizar un cursograma analítico se pueden presentar tres variantes: (1) diagrama sobre el operario, que muestra las actividades que realiza el trabajador; (2) diagrama relativo al material, que representa las actividades relacionadas con la manipulación del material y su recorrido a lo largo del proceso; y (3) diagrama sobre el equipo o maquinaria, que representa cómo se emplea el equipo disponible.

El cursograma analítico se usa además como herramienta en la simplificación de procesos, pues facilita la visualización del total de veces que se requiere el transporte de los materiales o del trabajador; calcula las distancias, y los tiempos de espera y operación; determina si existen actividades repetitivas o que retrasan el proceso y sus causas; y de este análisis, sugiere mejoras en el proceso, en caso de requerirse.

Cursograma analítico de proceso				
Diagrama Núm.:	Hoja Núm. de	Resumen		
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta
Actividad: Método: Actual/Propuesto		Operación Transporte Espera		
Lugar:		Inspección Almacenamiento		
Operario (s):	Ficha núm.:	Distancia (m)		
		Tiempo (min-hombre)		
Compuesto por: Aprobado por:	Fecha: Fecha:	Costo - Mano de obra - Material		
		Total		
Descripción		Cantidad	Tiempo	Observaciones
Recepción de materiales				
Inspección sobre calidad de materiales				
Trasporte a planta de producción				
Corte de materiales				

**Figura 65.** Ejemplo de cursograma analítico

La figura 65 presenta el esquema del cursograma analítico. Este contiene dos partes. La primera corresponde al encabezado, que permite identificar el proceso y, con ello, resumir información importante para el análisis como:

- El nombre del proceso o procedimiento.
  - El número y el nombre del diagrama, que permita su identificación y su fecha de elaboración.
  - El lugar en que se efectúa la operación, sea departamento o sección.

- El total de operaciones, inspecciones, transportes, demoras y almacenajes realizadas con el método actual, así como su comparación con el método propuesto cuando el diagrama se emplea para simplificación de procesos.
- Datos adicionales valiosos para el análisis de procesos, como el resumen de tiempos, distancias, costos.

La segunda parte contiene el diagrama en sí mismo, que identifica a cada una de las actividades que hacen parte del proceso debidamente desagregadas y en la secuencia en que se realizan; las cantidades, tiempos y distancia de cada actividad, los símbolos que indican la actividad de referencia, conectados mediante líneas que indican el flujo que se sigue; finalmente la suma de las actividades de cada columna, para incluir el total en la parte superior.

### *Diagrama de recorrido*

Muestra un esquema del plano de la planta de producción, o de una de sus secciones, señalando los puntos donde se realizan las diferentes operaciones, la secuencia de las mismas y el recorrido que hace el material o el operario. Lo anterior lo convierte en un excelente complemento del diagrama de operaciones de proceso, pues sobre el plano físico se pueden visualizar mejor las distancias y los tiempos de recorrido, y proponer ajustes al proceso en cuanto localización de áreas, ubicación de máquinas y equipos, distribución de almacenamientos temporales, etc. La figura 66 muestra un ejemplo de diagrama recorrido, a partir del proceso de fabricación de mermelada de frutas.

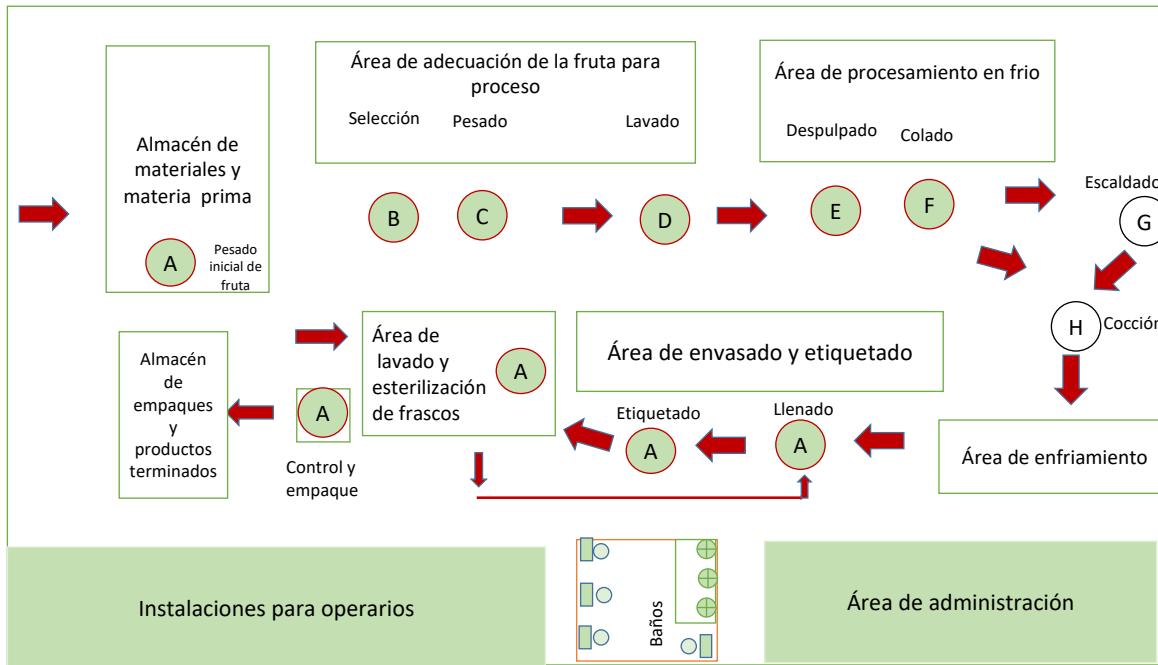


Figura 66. Diagrama de recorrido con base en la fabricación de mermelada de frutas

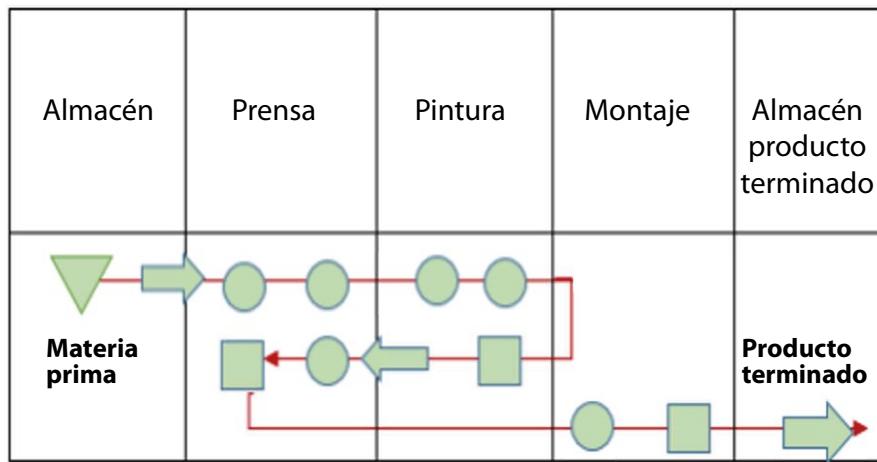
### Diagrama de flujo

Se conoce también con el nombre de flujograma y se utiliza de manera similar a los demás tipos de diagramas, para representar principalmente en forma gráfica los procesos administrativos, de gestión, de prestación de un servicio y procesamiento de datos. Para la representación se utilizan símbolos y formas geométricas bien definidas, que indican cada uno de los pasos o procedimientos del proceso y las áreas responsables del mismo. Las formas se conectan a través de flechas que indican la secuencia. Existen diversas formas para los diferentes tipos de procesos y, debido a su uso extenso, hay toda clase de adaptaciones que buscan satisfacer las necesidades particulares de cada organización o propósito. Sin embargo, en lo referente a la simbología, la gran mayoría sigue las simbologías ANSI o ISO, como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6.** Simbología utilizada para un diagrama de flujo

Símbolos	Descripción
	Inicio o final en un fluograma
	Actividad u operación realizada en un procedimiento
	Documento que entra, sale o se genera en el procedimiento
	Punto en el flujo en el cual es posible seguir dos caminos diferentes dependiendo de una condición dada
	Símbolo usado para mostrar la conexión o dependencia entre proceso

Diagramas de flujo de proceso: se utilizan para describir el paso a paso de un proceso, así como las diferentes decisiones que se toman en algunos puntos del mismo. Puede representarse en forma vertical u horizontal, como se muestra en las figuras 67 y 68, y puede corresponder las áreas o secciones por las cuales pasa el proceso. La figura 67 muestra un ejemplo breve de cómo se utiliza el diagrama de flujo en forma horizontal en la fabricación de las piezas de chapa para un vehículo. El proceso involucra las etapas de prensado en frío, pintura electrostática y montaje mediante soldadura.

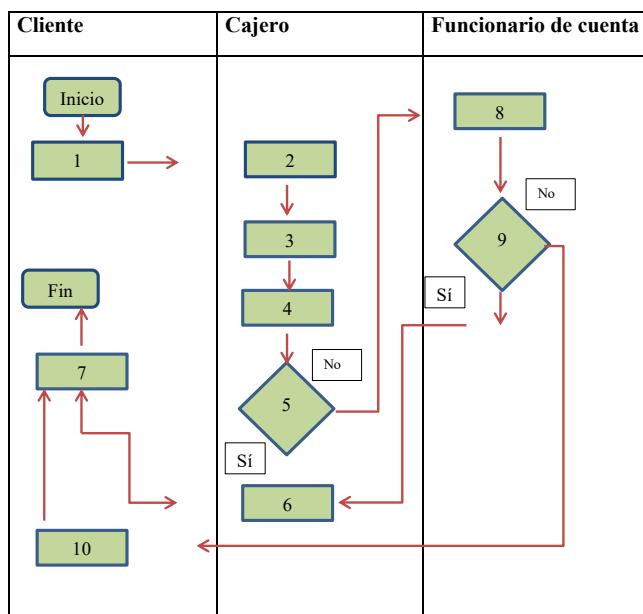


**Figura 67.** Diagrama de flujo horizontal de proceso por áreas de operación

El diagrama de flujo vertical es ampliamente utilizado para representar procesos administrativos o de gestión, porque muestra la secuencia de pasos a seguir en cada etapa del proceso, así como las dependencias o personas involucradas en cada una de ellas. En la figura 68, se presenta un ejemplo del proceso de cobro de un cheque en un banco, que se compone de las siguientes actividades:

1. El cliente recibe el cheque como forma de pago por un servicio o producto.
2. El cliente se acerca a la ventanilla del cajero y le entrega el cheque.
3. El cajero verifica la autenticidad y validez del cheque, así como la identidad del cliente.
4. El cajero consulta al cliente si desea recibir el dinero en efectivo o depositarlo en su cuenta.
5. Si el cliente elige depositar el dinero en su cuenta:
6. El cajero registra la operación y entrega el comprobante al cliente, o realiza el pago una vez autorizado por el funcionario de cuenta.
7. El cliente recibe el comprobante y/o el dinero, o el cheque devuelto, y finaliza la operación.

8. Si el cliente decide cobrar el cheque debido a su cuantía, lo envía al funcionario de cuenta, quien se encarga de gestionar los fondos entre las cuentas del emisor y el beneficiario.
9. El funcionario de cuenta verifica que haya suficiente saldo en la cuenta del emisor y realiza el cargo correspondiente. Luego devuelve el cheque al cajero para su pago (numeral 6).
10. En caso de que el funcionario de cuenta determine que el emisor no dispone de saldo suficiente, devuelve el cheque al cliente y finaliza la operación.



**Figura 68.** Diagrama de flujo vertical por áreas de gestión.  
Ejemplo: procedimiento para el pago de un cheque en un banco





## **Capítulo 13. Aspectos técnicos para la puesta en marcha de la empresa**

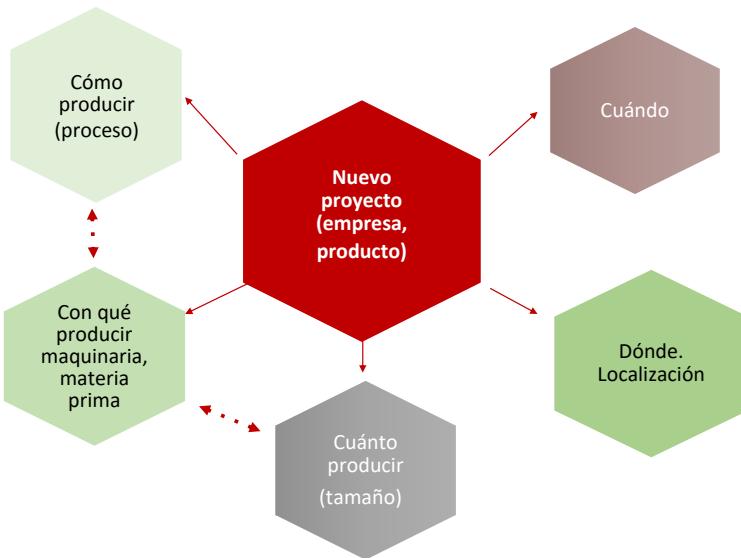
## Introducción

Toda empresa comienza con la detección de una idea de negocio después de estudios y análisis rigurosos para determinar si es o no una oportunidad de negocio y su viabilidad, lo cual se concreta con un proyecto de instalación física de la planta para la producción del bien o del servicio. La instalación requiere de diversos conocimientos técnicos para que el ingeniero pueda resolver todos los interrogantes relacionados con el dónde, cuánto, cuándo, cómo y con qué producir. Diferentes textos han denominado a estos cuestionamientos como el estudio técnico del proyecto, que es abordado parcialmente en este capítulo.

El estudio técnico se desprende del estudio del mercado, en el cual se detectan las necesidades y expectativas de los clientes, bien sea que se traten de la creación de una empresa nueva o del lanzamiento de un nuevo producto. De acuerdo con Baca (2013, p. 97), parte de la definición del tamaño, localización, ingeniería, maquinaria y equipo requerido del proyecto, son aspectos que comprometen en forma directa al ingeniero industrial con otros profesionales. El presente texto solo busca realizar una breve introducción conceptual de estos temas ya que, al hacer parte de la formación del ingeniero industrial, son desarrollados a profundidad en otros semestres de la carrera.

### A qué debe responder el estudio técnico

Como se expresó anteriormente, el estudio técnico pretende dar respuesta a todos los aspectos técnicos y a las decisiones que se requieren para poner en marcha una nueva empresa, el desarrollo de una nueva planta o el lanzamiento de nuevos productos. En síntesis, las preguntas que debe responder un estudio técnico, según Baca (2013, p. 97), aparecen en la figura 69.



**Figura 69.** Preguntas que se deben responder sobre los aspectos técnicos de la empresa

## Determinación del tamaño del proyecto

Después de que la empresa toma la decisión de cuál es el producto o servicio con el que buscará atender las necesidades y expectativas del mercado, y de haber identificado un mercado potencial atractivo, se requiere calcular el mercado objetivo y el tamaño del proyecto. Para esto, es necesario un estudio cuidadoso, pues de la cuantificación se desprenden los cálculos relacionados con el monto de las inversiones, la localización del proyecto y, en general, la cantidad de recursos requeridos (maquinaria, equipos, materiales, mano de obra, etc.).

Con los cálculos se puede determinar el nivel de operación y, por ende, los costos de funcionamiento e ingresos proyectados para la empresa durante la ejecución del proyecto. De acuerdo con Murcia (2009), la decisión se centra en seleccionar el tamaño óptimo, que es aquel que permite alcanzar la máxima rentabilidad de la inversión por realizar y determinar si el tamaño es viable para el proyecto.

## Calculo del tamaño óptimo del proyecto

De acuerdo con la CEPAL (2005, p. 39), el tamaño del proyecto técnicamente se mide con base en su capacidad instalada, la cual se puede definir a partir del número de unidades que se pueden producir, o el número de servicios que pueden ser prestados, en un periodo de tiempo determinado. Para medir la capacidad se utilizan diversos indicadores o unidades, que dependen del tipo de proyecto o de empresa. Por ejemplo, en una empresa manufacturera la capacidad suele medirse con base en el número máximo de productos que puede procesar en sus instalaciones durante una unidad de tiempo. La medida puede determinarse en una hora, un día o un mes, lo cual depende principalmente de la maquinaria, el equipo y las instalaciones físicas disponibles.

La medida se expresa por medio de la relación entre el tipo de producto y la unidad de tiempo. Por ejemplo: número de zapatos por hora, toneladas de azúcar al mes, litros de leche por día, metros de tela al día, etc. Cuando se trata de un proceso industrial, puede expresarse en términos de horas-máquina por mes y horas-hombre por mes. Por su parte, en una empresa de prestación de servicios depende de factores como su infraestructura física. Por ejemplo, en un hotel o un hospital se define por número de habitaciones y camas disponibles, para un teatro o un estadio por número de sillas, en un banco puede ser por número de puestos de trabajo, etc. Se considera que la capacidad se optimiza si la empresa opera con los costos totales más bajos o con la máxima rentabilidad económica. Al hablar de capacidad instalada se debe distinguir al menos dos tipos de capacidad de la planta: la capacidad diseñada o teórica y la capacidad programada y utilizada.

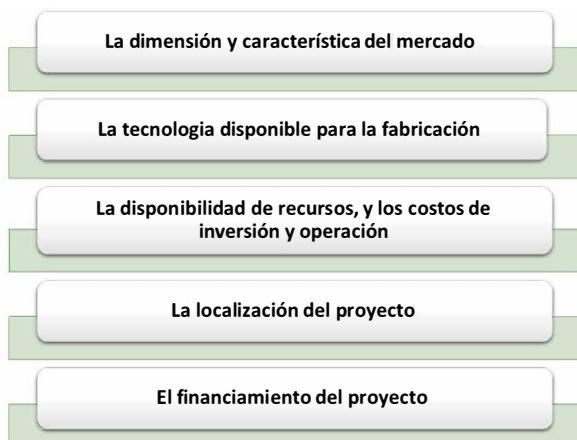
Capacidad diseñada o teórica: también denominada ideal, es la capacidad máxima de producción para la cual ha sido diseñada la maquinaria y el equipo, o el máximo rendimiento alcanzado por la mano de obra. Se le denomina ideal porque parte del supuesto de que tanto el personal como los equipos pueden operar al 100 % de su capacidad, lo cual no es posible; sin embargo, es usado como indicador de comparación.

Capacidad programada y utilizada: corresponde al porcentaje de la capacidad teórica que se emplea en un período de tiempo determinado. Generalmente, esta capacidad es inferior debido a limitaciones atribuibles al proceso de producción y a contingencias específicas.

Capacidad utilizada: puede no ser plena debido a que supera la demanda del mercado en ese momento. Esta capacidad se calcula fundamentalmente con base en los tiempos requeridos para el procesamiento de cada unidad de producción, o por los tiempos agregados de todo el ciclo del proceso, teniendo en cuenta las demoras y otro tipo de incidencias, que se pueden mejorar a través del análisis del proceso para evitar ineficiencias productivas. Cuando la capacidad está limitada por causa de una menor demanda, se podrán implementar estrategias que permitan penetrar el mercado para justificar el incremento de la capacidad utilizada.

## Factores determinantes del tamaño del proyecto

En la práctica, la determinación del tamaño de un nuevo proyecto o de una nueva planta de producción es una decisión orientada por diversos factores que se relacionan entre sí, y que se constituyen en condicionantes interrelacionados, como se muestra en la figura 70.



**Figura 70.** Factores determinantes del tamaño del proyecto

**Fuente:** elaboración propia con base en Baca (2013, p. 107-108).

- Dimensión y características del mercado: la demanda potencial, calculada en el estudio de mercado, se convierte en el factor determinante para definir el mercado objetivo y el mercado meta. Esta información es el punto de partida para decidir sobre la cantidad que se desea y se puede producir con los recursos disponibles, además de otros factores condicionantes como la tecnología y las posibilidades de financiamiento. Al dimensionar la capacidad inicial, es importante tener en cuenta

la dinámica esperada en la demanda futura, con el fin de encontrar equilibrio entre ambas estimaciones y así evitar limitaciones cuando el proyecto apenas inicia, o el sobredimensionamiento, que implica una capacidad ociosa y por ende mayores costos económicos.

- b. Tecnología disponible para la fabricación: la tecnología disponible, especialmente de maquinaria y equipo, puede ser determinante en la decisión del tamaño del proyecto, lo que influye igualmente en la inversión y en los costos de producción. En efecto, ciertos procesos productivos exigen niveles mínimos de producción para que sean técnica y económicamente viables ya que, como lo afirma Baca, (2013, p. 88), por debajo de ciertos niveles, los costos pueden ser tan elevados que no se justifica la operación de la planta o, por otro lado, la tecnología de maquinaria y equipo solo está disponible para escalas de operación altas, o volúmenes mínimos de producción. No obstante, algunos procesos permiten acondicionar el tamaño de acuerdo con el crecimiento y comportamiento de la demanda del mercado, lo que posibilita la ejecución del proyecto por etapas.
- c. Disponibilidad de recursos y otros factores productivos, así como de los costos de inversión y operación: la disponibilidad en cantidad y calidad de materia prima, materiales, insumos y componentes, así como el factor humano, influyen igualmente en la decisión sobre el tamaño del proyecto y en ciertas regiones pueden convertirse en limitantes significativos. Puede que el tamaño del mercado sea elevado y que no existan otras condiciones que limiten el tamaño del proyecto; sin embargo, los costos de la inversión y la disponibilidad de fondos se convierten en unas de las principales limitaciones de todo el proyecto.
- d. Tamaño del proyecto y el financiamiento: la mayoría de proyectos requieren de inversiones considerables para su puesta en marcha. Demandan no solo recursos propios, sino también financiamiento externo. Si tales recursos son insuficientes, incluso para una planta de tamaño mínimo factible, el proyecto no es viable; pero si, por el contrario, dispone de recursos suficientes, se podrán evaluar diferentes tamaños y tecnologías para reducir los costos y aumentar el rendimiento de capital. En general, cuando el proyecto admite un desarrollo gradual el problema del tamaño inicial se puede volver secundario.

## Localización de la planta

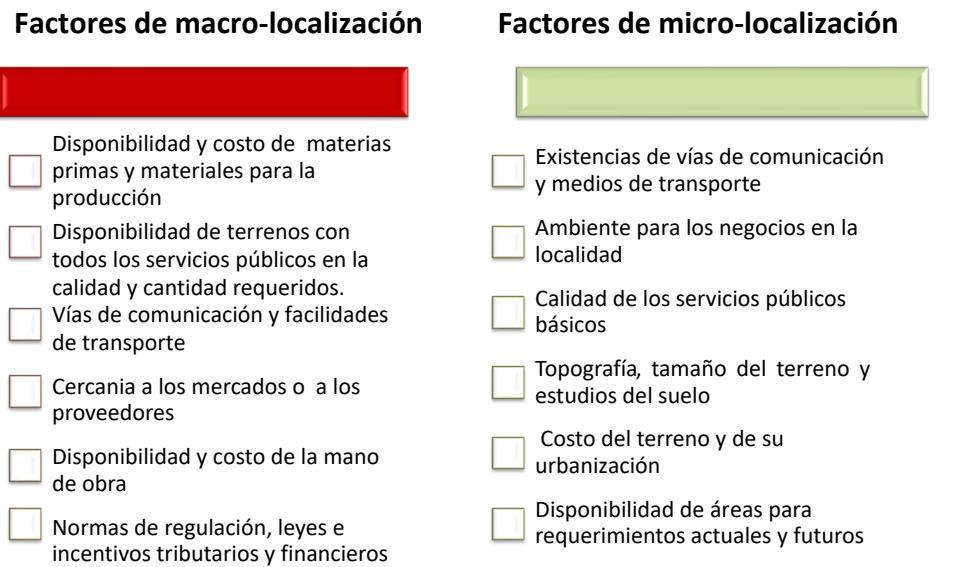
La localización geográfica es una decisión de gran importancia principalmente para proyectos o empresas nuevas, pues influye significativamente en su éxito. Una vez puesta la empresa está en funcionamiento, cualquier cambio es difícil y puede ser muy costoso, por lo que es necesario realizar un estudio exhaustivo que contribuya a elegir el lugar más conveniente. La decisión está sujeta, entre otras cosas, a la naturaleza del proyecto, al producto a fabricar y al análisis de los requerimientos y condiciones específicas de la empresa, como su capacidad financiera, el tamaño, las dimensiones del mercado que se pretende abordar, etc. También depende del análisis técnico y económico de diversos factores que intervienen en la decisión. Los principales factores a evaluar están relacionados con los costos de transporte de insumos y productos desde y hacia el sitio potencialmente apto, la disponibilidad de recursos existentes en el lugar, la cercanía a los clientes, las vías y medios de comunicación, así como la existencia de normas legales favorables.

## Macro-localización y micro-localización

La localización de la planta se realiza en dos etapas. En la primera se decide la región geográfica donde se espera que el proyecto tenga mayor influencia y sea más conveniente para la empresa. Por ejemplo, la zona cafetera en Colombia es la macro-localización. En la segunda etapa se elige el lugar dentro de la zona geográfica elegida, por ejemplo, Manizales corresponde a la micro-localización.

### *Factores a considerar para la localización*

Cuando el estudio de macro-localización se refiere a una empresa manufacturera, los factores que influyen en la decisión son múltiples y pueden variar de una industria a otra, en función de sus circunstancias y sus objetivos concretos, lo cual exige un estudio detallado por parte del equipo de personas que formula el proyecto. Los factores comúnmente más analizados, de acuerdo con la CEPAL (2005, p. 53), aparecen en la figura 71.



**Figura 71.** Factores a considerar en la micro y macro localización de una planta

Además de los factores relacionados, pueden existir otros más específicos pero que también son importantes para la micro localización de la empresa. Tal es el caso de los costos de la mano de obra y de los servicios públicos, las características e idiosincrasia de la población, los incentivos otorgados a las empresas para localizarse en el lugar, etc. Sin embargo, pese a que todos los factores señalados son relevantes para la localización, en muchas ocasiones el costo del transporte, bien sea de la materia prima hacia la fábrica o de los productos hacia el mercado, se convierte en un factor dominante, por lo que puede inclinar la decisión de localización hacia zonas cercanas a las fuentes de materias primas o a sus mercados.

### *Localización cerca de las fuentes de materia prima*

Si bien la localización de la empresa en un lugar cercano a los proveedores de las materias primas o a los materiales para la fabricación, en algunos casos es forzoso para la operación de la empresa, en otros casos es ventajosa. Por ejemplo:

- Si se trata de empresas extractivas o de explotación con grandes volúmenes de producción, como productos del mar, de bosques y de minas.
- Cuando se requiere procesar grandes volúmenes de materias primas agrícolas, como la caña para los ingenios azucareros o la palma para la producción de aceite

vegetal. También aplica para productos a base de materias primas perecederas que no pueden ser transportadas por largas distancias.

- En el caso en el que el costo de transporte de las materias primas, por su gran volumen o peso, puede ser mucho más elevado que el costo de transportar el producto terminado.

Localizar las fábricas cerca de los mercados es importante en los siguientes casos:

- Cuando los costos de transporte de los productos finales hasta los clientes representan un porcentaje elevado con respecto al costo del producto.
- Si la oportunidad en las entregas se convierte en una condición necesaria para la venta o en un factor de competitividad.
- Cuando se trata de productos perecederos, delicados o frágiles, que pueden dañarse o romperse durante largas distancias recorridas, o por condiciones inadecuadas de las vías o medios de transporte.
- Cuando es estratégicamente conveniente estar cerca de los competidores o de empresas conexas para ejercer presión.

En aquellos casos en los que la decisión es un más compleja, debido a la necesidad de evaluar diversos factores en las zonas potencialmente aptas, con condiciones diferenciadas que puedan ser convenientes para cada empresa en particular, es importante aplicar diversos métodos tanto cualitativos como cuantitativos que permitan tomar una decisión fundamentada. Uno de los métodos comúnmente utilizados es la matriz multicriterio, que combina análisis cualitativo y cuantitativo, como se muestra a continuación en la tabla 7.

**Tabla 7.** Ejemplo de matriz para la localización de la empresa

Matriz de selección							
Factor	Importancia relativa	Zona A		Zona B		Zona C	
		%	Calificación Máximo 5	Puntaje ponderado	Califica	Puntaje ponderado	Califica
Disponibilidad y costo del terreno	10	5	0,5	3	0,3	5	0,5
Vías de comunicación	20	3	0,6	5	1,0	4	0,8
Cercanía a los mercados	25	3	0,75	4	1,0	4	1,0
Cercanía a las materias primas	10	3	0,3	5	0,5	4	0,4
Costo de transporte	20	4	0,8	3	0,6	2	0,4
Incentivos tributarios	15	5	0,75	4	0,6	3	0,45
<b>Totales</b>	100		3,7		4,0		3,55

Fuente: Elaboración propia, con base en el modelo aportado por Baca (2013, p. 110).

La matriz de selección multicriterio se puede emplear de manera simple a partir de los conocimientos sobre el tema, eligiendo los factores más determinantes en la decisión y ponderándolos de acuerdo con la mayor o menor importancia para proceder a compararlos, calificarlos, obtener el puntaje ponderado y seleccionar la mejor alternativa. En el ejemplo de la tabla 7 la zona b es la mejor calificada y, por lo tanto, es la que parece ser la mejor alternativa teniendo en cuenta los diferentes criterios analizados y su relevancia para el tipo de proyecto.

## Ingeniería del proyecto

La ingeniería del proyecto se refiere a la fase en la cual se definen y calculan los recursos requeridos para su ejecución, como maquinaria, equipos, materiales, personal, obras, entre otros. En resumen, engloba el conjunto de decisiones y actividades técnicas necesarias para diseñar y planificar un proyecto con el fin de alcanzar los resultados esperados. Según Baca:

El objetivo general del estudio de ingeniería del proyecto es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta. Desde la descripción del proceso, adquisición de equipo y maquinaria se determina la distribución optima de la planta, hasta definir la estructura jurídica y de organización que habrá de tener la planta productiva (Baca, 2013, p. 93)

## Análisis técnico del producto

En la ingeniería del proyecto, dentro de los puntos a destacar se encuentran el análisis técnico del producto, la selección de la maquinaria y el equipo y la distribución en planta. Sobre estos puntos solo se hará una breve referencia teniendo en cuenta que exigen un estudio mucho más profundo, que suele ser abordado en los semestres superiores de los programas de ingeniería industrial.

En el capítulo diez se desarrolló la tecnología de producto en sus aspectos generales. El análisis técnico del producto tiene como finalidad desagregarlo en sus partes o componentes para determinar cada una de las operaciones en el proceso de fabricación, e

identificar con claridad la cantidad y calidad requeridas de materia prima, insumos, elementos, partes o componentes del producto y que son necesarios para su transformación o ensamble. La determinación de insumos es la base para estimar los costos de producción.

En cuanto a la materia prima es necesario tener en cuenta todas sus características, como durabilidad, formas de almacenamiento, rendimiento, disponibilidad, cantidad requerida (por unidad y para un volumen dado de producción en un periodo de tiempo) y algunos aspectos especiales como manipulación, normas sanitarias y legales (si aplica), etc. Otro factor importante es la calidad de las materias, pues son altamente determinantes en la calidad del producto final, en la conservación del producto y en el nivel de beneficio económico.

## Selección de maquinaria y equipo

El estudio técnico implica seleccionar el tipo de maquinarias y equipos, las habilidades técnicas y procedimientos, en las que influye fundamentalmente la naturaleza del proceso, la escala de producción y el grado de mecanización requerido- Todos estos factores están estrechamente relacionados. El tamaño del mercado y la disponibilidad de recursos de inversión, como se mencionó anteriormente, también determinan el tipo de equipo y la decisión de una menor o mayor mecanización o automatización. Además, el tipo de proceso de producción también se relaciona con el grado de mecanización.

La selección de la tecnología de maquinaria y equipo es una decisión estratégica y puede constituirse en uno de los factores determinantes para el éxito o fracaso de la empresa, de ahí que debe ser parte de un proceso en el que participen de manera concurrente diferentes especialistas en el tema, con conocimientos actualizados y especializados, que permitan elegir las tecnologías adecuadas de acuerdo con las necesidades, limitaciones y restricciones de cada empresa. Una vez seleccionado el tipo de maquinaria y equipo requerido, se deben analizar los diferentes equipos alternativos disponibles dentro de ese tipo, comparándolos por sus características técnicas: capacidad, rendimiento, consumo, año de puesta en funcionamiento, vida útil estimada, condiciones de instalación y de operación, costos y garantías, para determinar la mejor alternativa.

## Especificación de las instalaciones y distribución de planta

Dentro de las decisiones que los ingenieros deben tomar, también está el tamaño y las características de los edificios para la fabricación. Deben precisarse aspectos como su distribución en el terreno y su distribución interna, de la cual dependerá gran parte del manejo y circulación de materias primas, el manejo de materiales y el tipo de procesos. Asimismo, es necesario prever los crecimientos futuros de la empresa tanto en su zona de producción como en sus áreas de almacenamiento.

La eficiencia de la operación depende en gran medida de la distribución de los equipos, por lo cual los conocimientos del ingeniero industrial son valiosos, pues influyen notablemente en el ahorro de movimientos, tiempos, materiales y, en general, contribuyen a la fluidez del proceso. Los mismos factores productivos pueden tener diferentes rendimientos en función de la organización, la combinación de los equipos de producción y las zonas de circulación de trabajadores.



# **PARTE 4. LOS PROBLEMAS EN INGENIERÍA**

La ingeniería, como se ha expuesto en capítulos anteriores, fundamentalmente se dedica a la solución de problemas concretos, que propendan al bienestar del ser humano, así como al desarrollo de nuevos conocimientos para abordar las cuestiones que se presentan durante la exploración del mundo. En consecuencia, independientemente de la especialidad y orientación, resolver problemas se constituye en la esencia de la ingeniería.

La mayoría de las personas y profesiones se enfrentan a la necesidad de resolver problemas en su campo de actividad. Constructores, comerciantes, químicos, abogados, psicólogos e incluso médicos deben enfrentar y resolver diversos problemas. Sin embargo, para los ingenieros, resolver problemas se convierte en su tarea fundamental. Con este propósito, los ingenieros deben encontrar soluciones, y el diseño desempeña un papel fundamental en la materialización de los problemas en soluciones concretas representadas en un producto final. Este producto final puede ser un equipo, una infraestructura física, un bien de consumo, un proceso, un software, un sistema productivo, entre otros. En consecuencia, para el caso de la ingeniería, el diseño se define como:

Proceso sistemático, creativo y flexible, sustentado en las matemáticas, las ciencias naturales y las ciencias de la ingeniería, que incluye la generación, la evaluación sistemática y la puesta a prueba de especificaciones para la creación de artefactos, sistemas, procesos e infraestructura cuya forma y función permitan lograr unos objetivos establecidos y satisfacer una serie de restricciones especificadas a partir de una necesidad o situación problemática (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación, 2021, p. 7)

Además, el significado del término diseño puede diferir entre un ingeniero y un diseñador, y está determinado por la solución final: «para el diseñador el concepto del diseño es un producto, para el ingeniero concepto de diseño se traduce en un propósito o meta. Parece ser que definen lo mismo, pero la interpretación de las tareas y acciones del proceso, dependiendo de quién las ejecuta, son diferentes» (Guerrero, 2016, p. 149). Igualmente, existen diferencias significativas entre los problemas que deben resolver un científico y un ingeniero. Mientras el científico usa su conocimiento para construir nuevo conocimiento, el ingeniero se enfoca en aspectos mucho más prácticos en la búsqueda de soluciones efectivas y satisfactorias a problemas concretos; aplica el conocimiento científico, tecnológico y técnico para diseñar y desarrollar dispositivos, sistemas, estructuras, procesos, etc.; y en todas sus soluciones requiere además del juicio apropiado, el sentido común y ético, y saber cómo sus soluciones deben ser usadas para reducir

el problema real. De ahí que un ingeniero puede definirse mejor por «cómo lo hace», que por lo que hace, ya que las actividades que cubre en sus distintas especialidades son variadas. Entonces el método es lo que identifica al ingeniero.





## Capítulo 14. Formulación y solución de problemas en ingeniería

«Un problema bien planteado constituye la mitad de la solución».

Russel Ackoff

### ¿Qué es un problema?

Existen varias acepciones que recogen la palabra problema. Por lo general, se entiende como problema una situación negativa, un sinónimo de dificultad, contradicción o conflicto; sin embargo, el término va más allá de una dificultad y, dependiendo del contexto donde se emplee, puede referirse a: un asunto que requiere una solución o una respuesta; un conjunto de situaciones de diversa índole que dificultan el cumplimiento de algún fin, por lo que pueden ser también un desafío; una situación desconocida; una necesidad percibida por alguien; una situación no deseada que se requiere transformar o mejorar; la diferencia entre un estado actual y un estado deseado; la discrepancia entre lo que debe ser y lo que es; la oportunidad para mejorar algo; o una situación en la que se intenta cumplir un objetivo y se hace necesario encontrar un medio para lograrlo.

Como sinónimo de situación desconocida, un problema también se refiere a un vacío de conocimiento, que se asocia con los problemas cognitivos, los cuales son abordados con una serie de interrogantes que surgen desde la propia práctica, y cuando el tema lo amerita se resuelven mediante preguntas científicas cuya respuesta debe obtenerse a través de métodos científicos. Para la ingeniería hay una definición recurrente, aportada por Krick: «un problema proviene del deseo de lograr la transformación de un estado de cosas en otro» (1979, p. 7). También, se refiere a las fallas que pueden presentarse en un proceso o producto y que requieren tomar una acción para corregir y prevenir más fallas.

## Algunos conceptos básicos

Es importante diferenciar entre lo que es un síntoma, una situación problemática, las causas, el problema y su efecto. A continuación, se presenta una breve descripción de cada concepto:

- **Síntoma:** manifestación física y visible de algo que está funcionando mal o que va a empezar a hacerlo. Por ejemplo, en medicina se presentan síntomas como la elevación de la temperatura del cuerpo; y en una máquina de la industria puede aparecer un ruido inusual.
- **Situación problemática:** hechos que demuestran que hay un problema o dificultad. Por ejemplo, en las instalaciones de la empresa continuamente se pierde la señal de Internet, o las ventas de la compañía disminuyen mes a mes.
- **Causas:** razones, hechos o circunstancias que son consideradas como el origen de la situación o problema. Por ejemplo, ante una situación como la disminución de las ventas, las causas pueden ser el mal servicio al cliente, los precios elevados frente a la competencia, etc.
- **Efecto:** consecuencias de no solucionar la situación problemática. Por ejemplo, la pérdida de clientes.
- **Problema:** situación a transformar a partir de acciones. Por ejemplo, lograr reducir la accidentalidad de una ciudad al 30 %, o construir un puente seguro reduciendo sus costos en un 20 % y el tiempo de construcción en un 40 %.

## Tipos de problemas

Los problemas pueden clasificarse de múltiples formas y por diversos criterios. La clasificación más común se refiere a los problemas abiertos y cerrados, y a los problemas bien definidos y mal definidos. En este texto se adoptan cuatro clasificaciones.

### ***Por el número de alternativas de solución***

En general, los problemas que se le presentan a los ingenieros admiten múltiples soluciones, por lo que son denominados abiertos. Por el contrario, existen profesiones en las que sus problemas suelen tener una única solución, como ocurre con los matemáticos. A este tipo de problemas se les clasifica como cerrados.

### ***Por la información que se disponga para su solución***

- Problemas bien definidos: contienen la información necesaria para su resolución, tienen claro el punto de partida y el objetivo o propósito que se quiere alcanzar. Igualmente, los procedimientos para llegar a su solución están definidos, por lo que admiten la contrastación entre la solución propuesta y la esperada.
- Problemas mal definidos: no contienen toda la información requerida para la solución del problema, por lo que la persona encargada de solucionar debe buscar abundante información para comprender el problema, definir el alcance y los medios para resolverlo.

Herbert Simon (1973), ganador del Premio Nobel de Economía en 1978 y que realizó trabajos destacados en procesos de solución de problemas, propuso una clasificación de problemas que, si bien es similar a la distinción que se realiza entre los «bien» o «mal definidos», es más precisa. Su clasificación distingue a los problemas entre «bien estructurados» y «mal estructurados».

- Problemas bien estructurados: contienen todos los elementos del problema, tienen soluciones y procedimientos de solución conocidos. Además, el estado inicial está claramente definido y el estado final bien delimitado, por lo que es posible comprobar cuándo el problema ha sido resuelto. Algunos ejemplos de este tipo de problema se presentan en ciertos métodos de enseñanza y en los libros de texto.
- Problemas mal estructurados: típicos en la vida cotidiana y en la práctica profesional. Los datos e información aportados para el problema por lo general son poco claros e incompletos, poseen aspectos que son desconocidos y existen múltiples soluciones y métodos de solución. Suelen ser interdisciplinarios, pues muchos requieren ser resueltos mediante la intervención de diversos campos del conocimiento.

Al respecto, Simon (1973) también aclara que muchos problemas que inicialmente se plantean como mal estructurados pueden convertirse a lo largo de su resolución en problemas bien estructurados.

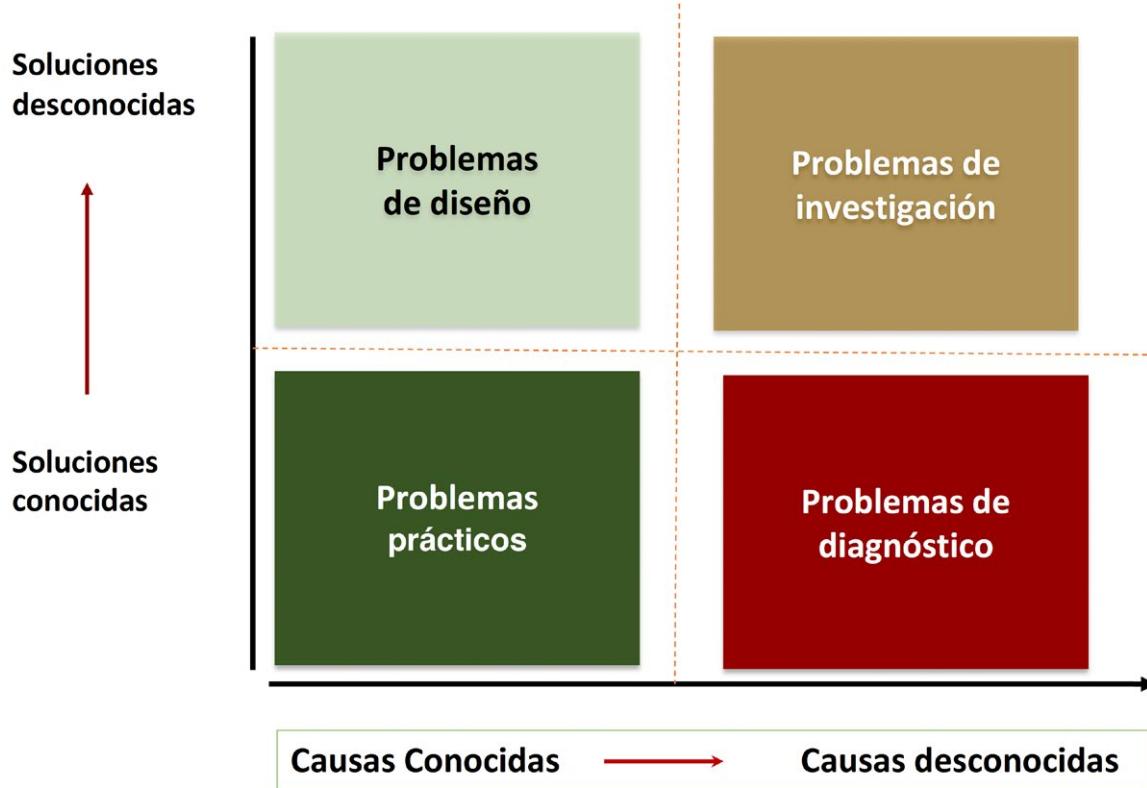
### ***Derivados de las soluciones tecnológicas***

Rachel Laudan (1984), citada por Cupani (2006, p. 9), ofrece una interesante taxonomía de los problemas tecnológicos estructurada en cuatro grupos. El primer grupo corresponde a los problemas que se derivan directamente del ambiente y que no han sido resueltos, por lo que requieren la búsqueda de soluciones que pueden encontrar apoyo en alguna tecnología que no ha sido aplicada. El segundo corresponde a los problemas derivados de las fallas funcionales de las tecnologías actuales, que se pueden presentar por falta de adaptación, condiciones de funcionamiento inadecuadas, o por ser la primera vez que se aplican a una situación. El tercero nace de la posibilidad de extender el uso de una tecnología existente a otra situación similar, pero en la que varían algunas condiciones. Finalmente, el cuarto tipo de problema hace referencia a la dificultad para aplicar la tecnología, porque la persona responsable no dispone de conocimientos suficientes.

### ***Por la posibilidad de identificación de las causas y el tipo de solución requerida***

Teniendo en cuenta tanto el tipo de problemas que debe abordar la ingeniería, como los problemas abiertos y mal estructurados, así como las características expuestas anteriormente, en este texto se propone una nueva clasificación en función del grado de conocimiento sobre las causas del problema, y del tipo de solución requerida, que puede ser conocida o desconocida. Dicha diferenciación permite en la formulación del problema realizar una mejor selección del proceso y de las herramientas.

En la figura 72 se muestran los cuatro tipos de problemas representados en un eje cartesiano, donde en el eje «x» se ubican los problemas, y se dividen entre los que tienen causas conocidas y los de causas medianamente conocidas o desconocidas. En el eje «y» se separan los problemas cuya solución es conocida y los problemas que requieren una nueva solución que es desconocida.



**Figura 72.** Clasificación de problemas por el grado de conocimiento de la causa y la solución

### **Problemas prácticos**

Se denominan así por ser problemas cuyas causas, al ser fácilmente identificables después de una cuidadosa observación e información, pueden ser solucionadas mediante la experiencia y los conocimientos previos. En este caso, tanto las causas como la solución son conocidas. El proceso para la solución de este tipo de problemas consiste en tres pasos: observación del síntoma, identificación de la causa e implementación de la solución. Algunos ejemplos pueden ser las fallas en el funcionamiento de un dispositivo, una máquina, una parte de un sistema, etc. Una vez identificada la causa, es posible solucionar el problema al convertirse en un problema cerrado y estructurado. También, es el caso del recalentamiento de un motor en un vehículo para el que, después de identificar la causa por medio de un proceso de observación, puede formularse una solución única y completamente conocida: reparar o cambiar el repuesto.

## ***Problemas de diagnóstico***

Ante una situación problemática, entendida como el síntoma de un problema (manifestación visible), es necesario identificar las causas o factores determinantes para definir el verdadero problema a partir de un proceso de diagnóstico. La dificultad principal es definir las posibles causas y comprobar cómo cada una incide en el problema. Por ejemplo, ante un síntoma relacionado con productos defectuosos, es necesario identificar las posibles causas por medio del análisis del problema. Después de este ejercicio, puede reconocerse que el problema se debe a factores como la mala calidad de la materia prima, errores en el proceso de fabricación, poco control de calidad o defectos producidos por la máquina. Estas causas son conocidas por la experiencia, por fuentes indirectas, por conocimientos previos, etc., pero se requiere precisar para el caso específico, cuál o cuáles son las de mayor o menor incidencia y el grado de impacto que tienen en el problema principal.

## ***Problemas de investigación***

Su diferencia con el tipo de problema anterior reside en la dificultad de identificar las causas por ser desconocidas o medianamente conocidas, lo cual requiere realizar un proceso sistemático para conocerlas. Son problemas de este tipo aquellos cuyos enunciados parten de expresiones como: «probar que...», «encontrar todos...», etc. En muchos casos, y cuando la magnitud del problema lo amerita, el ingeniero requiere acudir al método de investigación científico para encontrar las causas del problema, pues no es posible detectarlas acudiendo a la observación, la experiencia o la información. En consecuencia, debe deducir las causas a partir de la formulación de hipótesis, experimentación y comprobación, que son pasos propios del método de investigación científica.

Por ejemplo, al detectar productos defectuosos en una industria, en algunos casos pueden identificarse fácilmente las causas que ocasionaron la falla, por lo que se constituye un problema práctico. En otros casos, si no basta la observación y la experiencia para detectarlas, se debe acudir a un proceso sistemático para su diagnóstico; pero si, aun así, no es posible identificarlas y el problema lo amerita, se convierte en un problema de investigación. Una vez encontradas las causas se puede pasar a la solución cuando se requieren y existen soluciones para el problema, o en caso contrario, se debe iniciar un nuevo proceso orientado a la búsqueda de alternativas de solución, en lo que se denomina problemas de diseño.

## **Problemas de diseño**

Son problemas orientados a mejorar o a crear algo. Se caracterizan por tener definidos claramente el qué, y el para qué, así como los requerimientos, restricciones, limitaciones y criterios de solución. Aun cuando se cuenta con esta información, no necesariamente pueden catalogarse como problemas bien estructurados; por el contrario, son problemas que en su proceso de solución requieren de la búsqueda permanente de datos, información y trabajo concurrente entre las especialidades de ingeniería y otras disciplinas y profesiones. El trabajo del ingeniero se centra en el diseño de un proceso, artefacto, sistema, estructura, dispositivo, etc. El proceso en ingeniería se conoce como el método de diseño, que es desarrollado a continuación.

## **Características de los problemas de ingeniería**

Los problemas en ingeniería se caracterizan principalmente por:

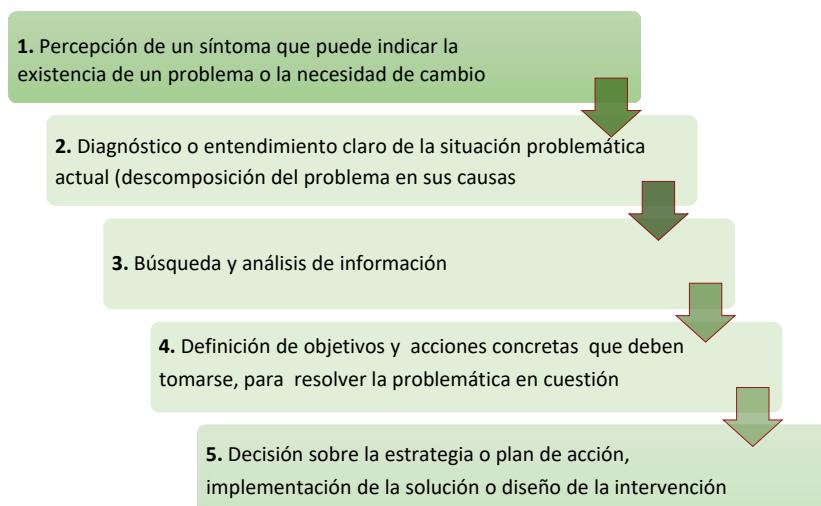
- Ser de tipo abierto, por lo general débilmente estructurados. Además, por tener una descripción incompleta o aproximada, y sus objetivos, pese a estar implícitos, no están formulados con precisión y exactitud y, por lo general, la solución cuenta con múltiples alternativas.
- Derivarse de la necesidad de mejorar diferentes aspectos que proporcionan bienestar al ser humano.
- Necesar soluciones que satisfagan requerimientos que muchas veces pueden estar en conflicto, como ocurre con el tiempo de respuesta o costo vs. eficiencia.
- Concretar su solución en un producto final que está representado en bienes como una máquina, un dispositivo, un medio de transporte, una estructura física, una obra civil, un proceso, un sistema, un servicio, etc. Todas las soluciones deben cumplir con determinadas especificaciones y restricciones.
- Usar en sus soluciones teorías, conceptos y leyes de las ciencias básicas (matemáticas, física y química), sin desconocer otros conocimientos procedentes de las ciencias sociales y las ciencias humanas. Igualmente, requieren de conocimientos tecnológicos, técnicos e incluso artísticos.

- Tener soluciones que en diversas ocasiones requieren, además de los conocimientos existentes, el uso del pensamiento divergente para hallar soluciones creativas que no estén sujetas a ningún estándar.

## Metodología para la resolución de problemas de diagnóstico

Si bien no existe un método único o un conjunto de procedimientos, fórmulas o algoritmos que se puedan aplicar de manera estándar para todo tipo de problemas en ingeniería, existen procesos denominados heurísticos (operaciones mentales que son típicamente útiles y que conducen a resolver problemas), que con ayuda de una serie de técnicas y herramientas resultan adecuados y eficientes para ser aplicados en la formulación y solución de problemas. Su característica general es que son abiertos y mal estructurados, por lo que se les conoce como una metodología general para resolver problemas.

La metodología generalizada para la resolución de este tipo de problemas es un proceso lógico y sistemático, integrado por una serie de etapas o pasos cuya ejecución es necesaria para lograr el resultado deseado. Se utiliza tanto para resolver un problema puntual en ingeniería, como en otros campos del conocimiento que pretendan resolver de manera sistemática problemas de tipo administrativo, técnico o de gestión. También, se concibe como un método que permite crear, adquirir y transferir nuevos conocimientos. Las diferentes etapas que involucra esta metodología se sintetizan en la figura 73.



**Figura 73.** Método sistemático para la formulación de un problema de ingeniería

## **1. Percepción de una necesidad de cambio o identificación de la situación problemática**

Es el primer paso en el que se deben analizar las manifestaciones visibles del problema, que se conocen comúnmente como síntomas, evitando confundirlas con el problema en sí mismo. Algunos ejemplos de manifestaciones de un problema son la elevación de la temperatura en el organismo humano, alta rotación de personal en una empresa y largas filas de espera para en la prestación de un servicio. Confundir el problema con el síntoma puede conducir a que la solución no sea efectiva, o a invertir tiempo y dinero en soluciones inapropiadas que pueden ocasionar mayores.

## **2. Diagnóstico o entendimiento claro de la situación problemática actual**

Es la segunda etapa del proceso y es cuando se formula el problema, que cuenta con definición y delimitación, de manera que puede reconocerse dónde inicia, dónde ocurre, cómo se presenta y cuáles son los factores, circunstancias o procesos que lo originan. Es un paso imprescindible para la comprensión del problema y culmina con la explicación satisfactoria y fundamentada de sus causas para poder determinar las variables de solución. Requiere recopilación, análisis y organización sistemática de la información.

Es crucial enfatizar en el valor de formular correctamente un problema, ya que hacerlo de forma incorrecta o incompleta puede llevar a una solución equivocada o insatisfactoria. Una definición incorrecta puede surgir debido a la tendencia de enfocar el problema en términos de una de sus posibles causas, ignorando otros factores importantes que pueden ser más determinantes en la situación. Además, como se mencionó anteriormente, otro obstáculo es la confusión entre el problema y sus síntomas. Por lo tanto, la resolución de un problema se basa en una buena definición que precise los hechos, describa el entorno en el que se encuentra, analice e investigue las causas que lo generan, y defina las variables a analizar para alcanzar la solución deseada.

## **3. Búsqueda, análisis y evaluación de la información disponible**

La información es la base para entender el problema y resolverlo adecuadamente, por lo que es necesario acudir tanto a fuentes directas como indirectas, a consultas bibliográficas sobre el tema, a paneles de expertos, etc. Todo dependiendo, por supuesto, de la naturaleza del problema.

#### ***4. Definición de los objetivos y los propósitos de la solución o de la intervención***

Es una etapa fundamental en el proceso porque en esta se precisan los objetivos, el resultado deseado y el alcance de la solución, de lo cual se generan las acciones concretas y acertadas para resolver el problema.

#### ***5. Decisión de la estrategia o plan de acción, e implementación de la solución***

La quinta etapa tiene por objeto decidir cómo se va a abordar la solución, según la naturaleza del problema, para trazar el plan de acción y las acciones concretas que ayudarán al mejoramiento de la situación actual. Si el problema exige un desarrollo concreto, se procede a buscar alternativas de solución que deben ser estudiadas a cabalidad para seleccionar la que mejor responda al problema planteado. Es importante tener en cuenta que la mejor alternativa es aquella que parte del reconocimiento de lo que se requiere transformar, del conocimiento pleno del entorno en el que se implementará la solución, de las limitaciones y restricciones, y de las variables de solución. Estos pasos hacen parte del método de diseño en ingeniería.

### **Método de diseño para la solución de problemas en ingeniería**

Como se ha visto, los problemas en ingeniería generalmente no tienen una metodología única y sus soluciones no dependen de la aplicación de un método; no obstante, sí existe una manera de proceder en forma determinada y sistemática, cumpliendo una serie de pasos orientados a buscar la mejor solución, que se conocen como método de diseño para la solución de problemas en ingeniería. Este se define como «una estrategia para producir el mejor cambio con los recursos disponibles en una situación deficientemente entendida o incierta» (Kroes, 2009, p. 288). El método consta de una serie de pasos documentados por muchos autores, que coinciden con el método general de resolución de problemas, pero enfatizando en el procedimiento que busca y analiza alternativas de solución que se resumen en los siguientes pasos.

## **1. Identificación, definición y formulación del problema**

El proceso parte de la detección de que algo no está funcionando o de una necesidad por satisfacer, bien sea porque no existe la solución, o por considerar que la existente puede ser mejorada. En segundo lugar, es necesario identificar bien el problema, lo cual significa entender sus causas y efectos, y proceder a delimitar y definir lo que se intenta solucionar. Para esto cabe precisar qué se quiere hacer y hasta dónde se quiere llegar, es decir, definir el alcance de la solución.

## **2. Recopilación y análisis de toda la información disponible**

Una vez que el problema está planteado y las necesidades están identificadas, se requiere revisar el estado del arte y recopilar toda la información existente sobre soluciones disponibles, tanto bibliográfica como en la práctica, de tal manera que se cuente con bases suficientes para plantear alternativas de solución dependiendo de la naturaleza del problema.

## **3. Definición de requerimientos, criterios y restricciones**

Una parte crucial en la definición del problema es determinar las especificaciones que debe cumplir la solución, sea esta un aparato, una construcción, un proceso o un sistema. Es decir, hay que definir completamente y con todo detalle, hasta donde sea posible, qué se espera de la solución y cuáles son las condiciones que debe cumplir. Además, se debe diferenciar cuáles de estas características corresponden a especificaciones de la solución y cuáles a las restricciones. Por ejemplo, el vehículo que la empresa quiere adquirir debe servir tanto para el transporte de personas como para el de mercancía (especificaciones), y no puede costar más de cierta cantidad de dinero (restricciones). También aplica para el diseño de la estructura de edificios que deben acatar ciertas normas de sismorresistencia, cuyo cumplimiento es obligatorio según los códigos de construcción, lo que se convierte en una restricción.

Además, es necesario definir los criterios, que son aquellos parámetros con los que se evaluarán las alternativas de solución. Tienen relación con la naturaleza del problema y sirven para definir cuál de las soluciones podría ser la mejor entre las diferentes alternativas consideradas. Por ejemplo, al seleccionar un medio de transporte pueden definirse criterios como el costo frente al tiempo de desplazamiento, la seguridad, comodidad

y confiabilidad. Algunas de las variables seleccionadas para el desplazamiento de una persona entre dos ciudades, pueden tener una doble condición como criterio de solución y como restricción. Muestra de ello, es el costo del vehículo (variable), donde la restricción es que no valga más de cincuenta millones, y el criterio para la solución es que tenga el menor valor siempre y cuando cumpla con las demás condiciones requeridas.

#### **4. Búsqueda de alternativas de solución**

El análisis de alternativas de solución es una etapa que distingue la forma de proceder de los ingenieros de la de otros profesionales, lo cual resalta su importancia. Durante este proceso, es recomendable emplear técnicas y métodos innovadores para generar la mayor cantidad posible de soluciones para un problema, lo que aumenta la probabilidad de encontrar opciones diversas.

#### **5. Evaluación de alternativas**

Las alternativas preseleccionadas deben ser analizadas y evaluadas teniendo en cuenta los objetivos, limitaciones y restricciones del problema planteado, con el fin de encontrar la mejor a partir de criterios de selección, como la factibilidad técnica de implementación, los recursos necesarios de acuerdo con el alcance definido, los impactos, el análisis de costo y efectividad, etc.

#### **6. Especificación detallada de la solución**

Una vez seleccionada la mejor solución del problema, se procede con la preparación de informes, planes y especificaciones, con el fin de disponer de toda la información necesaria para generar el prototipo y, si es el caso, elaborar un proyecto detallado con todas las acciones necesarias para ejecutar el plan.

#### **En conclusión**

Dada la naturaleza de los problemas que debe abordar la ingeniería, no existe una solución única y óptima, por lo que se requiere buscar la mejor entre diversas alternativas posibles y aceptables. La mejor solución es aquella que, después de analizar todos los factores, se considera la más deseable, pues se ajusta a las necesidades formuladas y cumple simultáneamente una serie de criterios y restricciones referidos al tiempo,

costo, calidad, eficiencia, seguridad, estética, preferencias del mercado, y normas y restricciones que pueden ser de orden técnico, de recursos, de tiempo, sociales, etc. En consecuencia, es necesario delimitar apropiadamente los problemas y aproximarse a su solución de forma analítica y metódica.

Las soluciones que son más económicas no necesariamente pueden considerarse como las mejores, porque puede que no sean las más efectivas en términos de los objetivos perseguidos, o que sean poco eficientes con respecto al tiempo que toma implementarlas. Las soluciones más costosas tampoco deben considerarse más efectivas, porque en muchas ocasiones la solución más simple está en capacidad de ser la más efectiva o la más eficiente para un caso, por lo que cada problema requiere ser analizado completamente según su contexto, buscando identificar cuál es el verdadero problema, sus restricciones y a dónde se quiere llegar.

Toda solución, por buena que se considere, genera impactos positivos y negativos en los diferentes ámbitos: social, político, ambiental y económico, por lo que es necesario sopesar las distintas consecuencias que se pueden derivar de la solución considerada. En definitiva, la calidad de la solución dependerá de su racionalización, de ahí que cuando se habla de que el ingeniero debe buscar la solución más efectiva al menor costo posible, (análisis costo-beneficio), no se hace referencia únicamente al costo y beneficio económico, porque también deben analizarse los costos y beneficios sociales, ambientales y políticos.





## **Capítulo 15. Herramientas para la formulación de problemas**

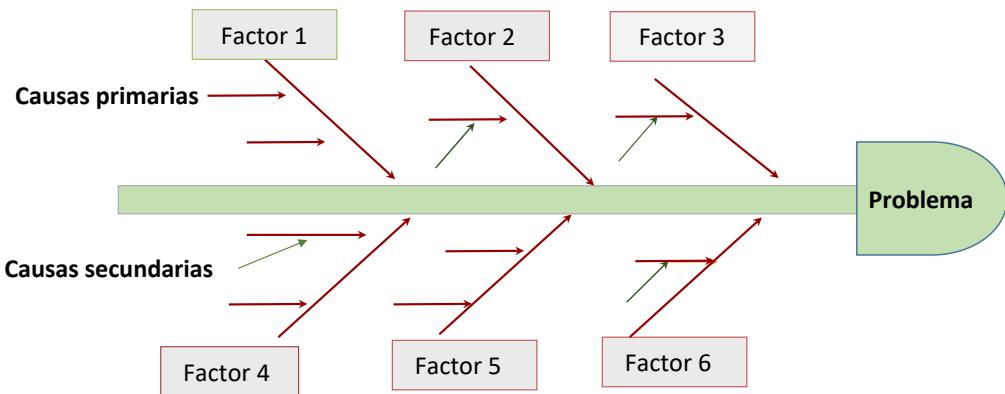
## Introducción

Para contribuir a una buena formulación de problemas (primer paso del método de resolución de problemas o del método de diseño), se han desarrollado múltiples herramientas de uso generalizado que pueden ser empleadas indistintamente dependiendo del tipo de problemas y del conocimiento que se tenga de sus causas. También, pueden combinarse para lograr una mayor claridad en la respuesta. Por ejemplo, si se tiene un problema cuyas causas son medianamente conocidas se pueden utilizar herramientas como la espina de pescado o el árbol de problemas, y para determinar las causas más importantes se puede combinar con un diagrama de Pareto con otros métodos cuantitativos. Si bien existen muchas herramientas, en este capítulo se abordan las más utilizadas por la ingeniería: diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, método ZOPP, árbol de problemas, árbol de objetivos y matriz de marco lógico.

### El diagrama de causa-efecto de Ishikawa

Conocido también como diagrama causa-efecto o diagrama de espina de pescado, fue ideado en 1943 por el japonés Kaoru Ishikawa y es una herramienta gráfica que presenta de forma sistemática las causas de un efecto-problema, por lo que permiten identificar los diversos motivos que intervienen o determinan el problema principal. Inicialmente fue utilizado para el análisis de problemas relacionados con la calidad, pero rápidamente su uso se generalizó en múltiples campos.

Se llama así porque el gráfico tiene la forma de un pez, situando en la cabeza el problema o efecto principal que se quiere analizar y, sobre las espinas, las categorías y subcategorías de causas. Las líneas oblicuas, como se muestra en la figura 74, representan los principales factores que intervienen en el análisis del problema; a su vez, cada espina contiene un grupo de causas de naturaleza común, consideradas causas primarias, y sobre éstas se encuentran las causas secundarias de manera perpendicular. Por ejemplo, en un problema de baja productividad en una planta, uno de los factores puede ser la maquinaria y sobre esta línea oblicua se deben señalar las causas primarias, como el mal funcionamiento de la máquina, y las secundarias, como la falta de mantenimiento, y así sucesivamente.



**Figura 74.** Diagrama de espina de pescado

Es necesario tener en cuenta que un diagrama de causa-efecto es una herramienta valiosa para identificar las causas potenciales, pero es necesario realizar las respectivas mediciones y recoger toda la información pertinente para realizar el análisis de las causas reales y su mayor o menor incidencia. Para construirlo se requiere cumplir los siguientes criterios:

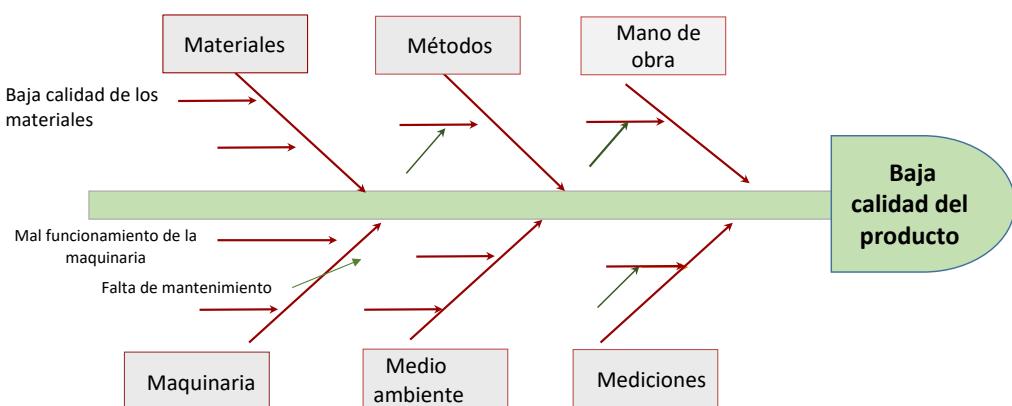
- Definir claramente y en pocas palabras el efecto o problema detectado, cuyas causas han de ser identificadas.
- Identificar las categorías o factores que pueden estar generando el problema y agrupar las causas excluyentes en cada categoría.
- Graficar las espinas a manera de líneas grandes y oblicuas sobre la flecha central o esqueleto.
- Revisar el diagrama para asegurar que se han incluido todas las categorías o factores causales posibles.
- Definir las principales causas secundarias asociadas a cada uno de los factores o categorías analizadas, buscando que cada rama sea completamente lógica.

Es común utilizar siglas para agrupar causas de problemas. Por ejemplo, para situaciones relacionadas con plantas industriales, se utilizan como factores determinantes las seis «m», o las cinco «p» en servicios y en la mercadotecnia, alrededor de los cuales se construye la espina de pescado y se realiza el análisis (Ver tabla 8).

**Tabla 8.** Factores determinantes para la elaboración de espinas de pescado según sector

En la industria	En los servicios	En mercadotecnia
Método	Personal	Precio
Mano de obra	Programación	Plaza
Maquinaria	Políticas de la empresa	Promoción
Materiales	Puesto de trabajo	Producto
Mediciones	Planeación	Personal
Medio ambiente		

La figura 75 muestra un diagrama de espina de pescado en el que se analiza un problema de baja calidad a partir de las seis «m».



**Figura 75.** Ejemplo de espina de pescado con las seis «m» en una industria manufacturera

Dentro de las posibles causas que pueden afectar la calidad del producto en el ejemplo de la figura 75, agrupadas en cada uno de los factores considerados, están:

- Mano de obra: poca capacitación y entrenamiento, o poca motivación.
- Métodos y procedimientos de trabajo: definición inadecuada de operaciones y falta de estandarización.
- Maquinaria y equipo: mal funcionamiento u obsolescencia.
- Materiales o materia prima: bajo control en la selección de la materia prima y los materiales, baja calidad del material y poca estandarización.
- Mediciones: falta de disponibilidad de medios y métodos de medición, poca precisión de mediciones, y falta de control y calibración de los equipos de medición.
- Medio ambiente: falta de control en las variables del proceso (temperatura, humedad, etc.), infraestructura de las instalaciones, agentes externos que afectan el proceso, etc.

## Diagrama de Pareto

El principio de Pareto, también conocido como la regla del 80-20, debe su nombre a Wilfredo Pareto (1848-1923), economista y sociólogo. En 1909, Pareto observó en sus estudios económicos que el 80 % de la riqueza estaba concentrada en el 20 % de la población, y que solo el 20 % de los países con economías fuertes dominaba al resto. Sin embargo, fue en 1930 cuando Juran (1975) analizó la distribución desigual de las pérdidas de calidad del producto, los ausentismos de los trabajadores, los accidentes laborales y otros aspectos, y notó que un alto porcentaje de estos eventos podía explicarse por unas pocas causas, en una proporción 80-20. Este hallazgo coincidía con la distribución encontrada por Pareto en sus estudios económicos, y por eso se le denominó «principio de Pareto».

El principio puede ser aplicado a múltiples problemas y situaciones que presentan una distribución similar, al encontrar que solo el 20 % de las causas (pocos vitales) pueden explicar el 80 % del problema. De ahí que al intervenir o solucionar el 20 % de las causas, se podría resolver el 80 % del problema. Por ejemplo, el 80 % de los defectos de un

producto son ocasionados por el 20 % de causas potenciales, y el 80 % de la insatisfacción de los clientes se debe a solo un 20 % de las quejas presentadas.

Por lo anterior, se ha considerado como un método que permite analizar y cuantificar las múltiples causas que ocasionan un determinado problema, para seleccionar las más importantes que fueron denominadas por Juran (1975) como los «pocos y vitales», frente a otros de menor importancia conocidos como «muchos y triviales». En la práctica se ha demostrado que, si bien es cierto, la relación encontrada en muchos de los casos no es exactamente 80-20, sí puede determinarse que unas pocas causas son responsables de la mayor parte del problema.

## Cómo se construye

Para construir un diagrama de Pareto que responda a las necesidades de un problema y que, a su vez, contribuya a la solución de sus causas, es importante cumplir con los siguientes pasos:

Paso 1: identificar el problema o situación a mejorar.

Paso 2: determinar el método o medio para reunir la información que permita conocer y cuantificar las causas del problema. Es posible extraer esta información de fuentes como la observación directa de los hechos y la cuantificación de la frecuencia de ocurrencia de los mismos; de la información tomada de los casilleros dispuestos para quejas, reclamos e inconformidades; o del análisis de devoluciones de mercancía. Al reunir la información y seleccionar los datos que se van a analizar, es necesario hacerlo mediante métodos sistemáticos, de tal manera que puedan ser confiables y consistentes, en cantidad adecuada, verdaderos y en un periodo de tiempo determinado. Así, se puede reunir información sobre la ocurrencia por día, semana y mes, para identificar si realmente la situación amerita ser estudiada o si es esporádica, lo que permitiría extractar los pocos vitales y muchos triviales.

Paso 3: agrupar los datos por categorías de acuerdo con los factores determinados, para posteriormente tabularlos y ordenarlos en forma descendente, desde la mayor frecuencia hasta la menor.

Paso 4: calcular la frecuencia relativa unitaria y la frecuencia relativa acumulada.

Paso 6: realizar el diagrama de dos ejes (vertical y horizontal). Sobre el eje horizontal, de izquierda a derecha, situar los factores o causas que inciden en el problema,

graficándolos mediante barras de la misma dimensión y en orden decreciente en cuanto a su frecuencia. La base debe llevar el nombre del efecto o problema. En el eje vertical izquierdo se tabulan los datos observados (la frecuencia de cada factor), y en el eje vertical derecho se tabulan los porcentajes relativos, con el fin de graficar la curva de frecuencias acumuladas.

Paso 7: proceso de interpretación. Una vez elaborado el diagrama, se separan las causas que representan alrededor del 80 % del problema (pocas vitales), de las muchas triviales. El objetivo es enfocarse en solucionar esas pocas causas que ocasionan cerca del 80 % del problema, sin descuidar las pocas triviales.

## Ejemplo de aplicación

Un supermercado encuentra que uno de sus problemas generalizados es la devolución frecuente de mercancías a sus proveedores, porque no cumplen especificaciones y por inconformidades y quejas de los clientes. Así que es necesario encontrar las causas de las devoluciones, para solucionar el problema y preservar la imagen de servicio que han tenido hasta el momento.

De la observación directa del problema se extraen algunas posibles causas, las cuales deben ser cuantificadas y validadas con las quejas de los clientes. Para esto, el encargado de controlar la calidad realiza una inspección en forma aleatoria de las mercancías recibidas durante cinco días a la semana, entre las 7 y las 9 de la mañana por ser este el horario de recepción. En el proceso encuentra la información de la tabla 9.

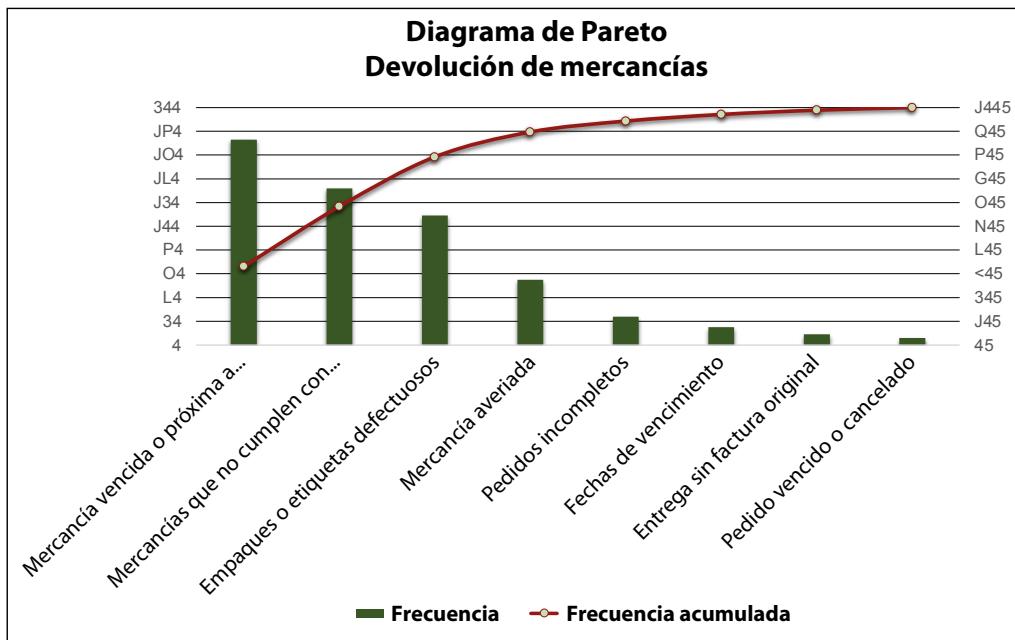
**Tabla 9.** Información sobre inconformidades recibidas

Causas de devolución	Número de casos presentados (frecuencia)	Causas de devolución	Número de casos presentados (frecuencia)
Pedidos vencidos	6	Mercancías que no cumplen pesos y medidas	132
Fechas de vencimiento enmendadas	15	Entregas sin la factura original	9
Mercancías vencidas o próximas a vencerse	173	Mercancías averiadas	55
Empaques o etiquetas defectuosas	109	Pedidos incompletos	24
<b>Total de causas de devolución</b>	<b>523</b>		

Al ordenar las causas por el número de quejas presentadas de mayor a menor y su porcentaje de participación en el total de quejas, luego de calcular la frecuencia acumulada, se puede observar que las tres primeras causas representan el 79.2 % de las devoluciones de mercancía a los proveedores y de las quejas de los clientes. Esto se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10.** Frecuencias absolutas y relativas en forma ordenada

Causas	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
Mercancía vencida o próxima a vencerse	173	33.1 %	33.1 %
Mercancías que no cumplen con pesos y medidas	132	25.2 %	58.3 %
Empaques o etiquetas defectuosos	109	20.8 %	79.2 %
Mercancía averiada	55	10.5 %	89.7 %
Pedidos incompletos	24	4.6 %	94.3 %
Fechas de vencimiento enmendadas	15	2.9 %	97.1 %
Entrega sin factura original	9	1.7 %	98.9 %
Pedido vencido o cancelado	6	1.1 %	100 %
<b>Totales</b>	<b>523</b>		<b>100%</b>



**Figura 76.** Ejemplo de aplicación diagrama de Pareto: tabla de frecuencia de fallas

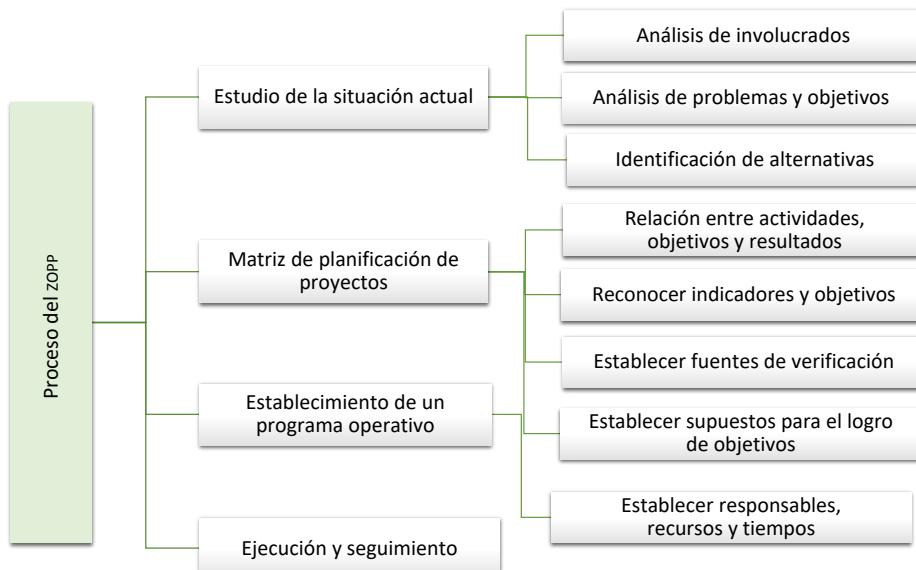
De acuerdo con los datos obtenidos, las tres primeras causas consideradas como pocas vitales son: entrega de mercancía vencida o próxima a vencerse; productos que no cumplen con las especificaciones establecidas en la etiqueta, como son pesos y medidas; y productos con empaques o etiquetas defectuosos. Estas tres causas representan el 79.25 % del problema. En consecuencia, el supermercado puede actuar controlando las fechas de vencimiento, informando a los proveedores sobre los problemas encontrados en pesos y medidas, y realizando un mejor control de calidad en la recepción de las mercancías.

## Método ZOPP

El método ZOPP tiene su origen en Alemania, donde se conoce como *Zielorientierte Projektplanung*, que significa planeación de proyectos orientada a objetivos. Según Fernández (1989), fue introducida a países subdesarrollados por la *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, GTZ), gracias a la cooperación de la República Federal de Alemania. En Colombia entidades como el Departamento Nacional de Planeación (DNP) la han adoptado como su metodología oficial de planificación, especialmente en proyectos de gran complejidad que involucran múltiples actores.

## Proceso del ZOPP

El ZOPP contiene cuatro etapas que se resumen en la figura 77.



**Figura 77.** Procesos de la metodología ZOPP

### ***Etapa 1. Estudio de la situación actual***

- a. Análisis de involucrados o participantes: busca convocar a todas las personas, instituciones, grupos y comunidades, con influencia sobre el proyecto o problema, de tal manera que se pueda realizar un análisis conjunto del mismo y se precisen los objetivos a partir de los intereses y expectativas.
- b. Análisis de problemas y objetivos: busca identificar, dentro del conjunto de situaciones expuestas y con base en la información disponible, un problema central. Para este fin, analiza las causas que pueden explicar el problema, visualiza la relación entre causas y efectos, y su incidencia sobre el problema. También analiza las consecuencias del problema formando un diagrama denominado árbol de problemas para mostrar las relaciones causa-efecto. En la elaboración del árbol, las causas se expresan como estados negativos y el problema central se describe de manera precisa y corta recogiendo la esencia de la situación.
- c. Para el análisis de objetivos, el árbol de problemas se transforma en el árbol de objetivos, convirtiendo los estados negativos en estados positivos. Por ejemplo, la mala calidad de la materia prima es una de las causas de un problema relacionado

con devoluciones de productos; al pasar al árbol de objetivos se formularía como buena calidad de las materias primas, lo que representa futuras soluciones para el mismo.

- d. Identificación y análisis de alternativas: consiste en identificar, con base en el árbol de objetivos, las posibles opciones de solución que surgen del análisis del problema. Una vez evaluada la viabilidad de cada alternativa y al considerar diversos criterios y restricciones, se debe llegar a un acuerdo sobre la alternativa más conveniente de implementar, la cual se convertirá en un proyecto que debe ser formulado. Para lo anterior, la metodología ZOPP utiliza la denominada matriz de marco lógico.

### ***Etapa 2. Matriz de marco lógico***

La matriz de marco lógico (MML), también denominada matriz de planificación de proyectos, resume los principales elementos del proyecto a partir de las soluciones que son consideradas más apropiadas para el problema. Está compuesta por cuatro filas y cuatro columnas. En las columnas se relacionan jerárquicamente los objetivos y las actividades necesarias para su cumplimiento. Sobre las filas se definen los indicadores, medios de verificación y factores externos que no son controlables, pero que deben ser considerados para el cumplimiento de los objetivos.

### ***Etapa 3. Programa operativo***

En esta etapa es necesario establecer claramente los recursos requeridos por el proyecto, así como sus responsables, de tal manera que se asegure su ejecución.

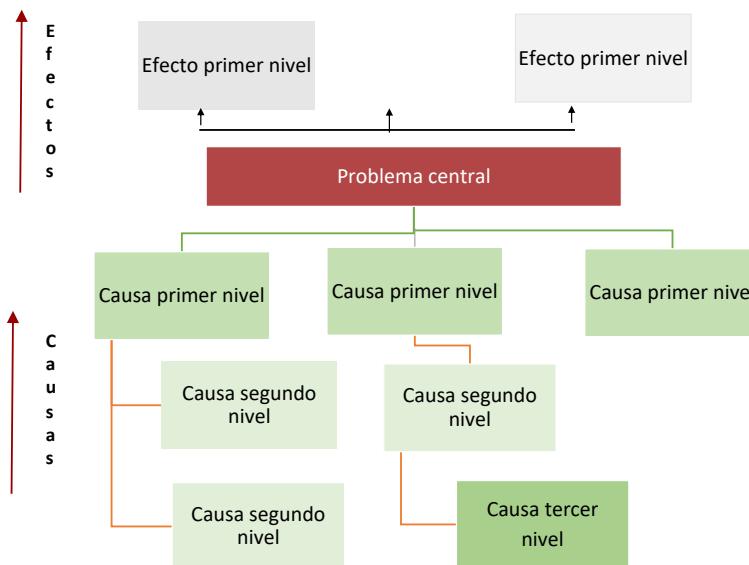
### ***Etapa 4. Ejecución y seguimiento***

En esta etapa del proceso es necesario realizar un monitoreo y seguimiento del proyecto, de tal manera que se evalúe el cumplimiento de los objetivos y se propongan las acciones para el mejoramiento continuo.

## **Árbol de problemas**

El árbol de problemas hace parte del método ZOPP para el análisis de problemas y es una herramienta visual que permite identificar y priorizar problemas, a partir de la

relación causa-efecto. Como se muestra en la figura 78, el problema central o focal se representa como único en el tronco del árbol; sus causas son las raíces, que pueden ser directas (causas de primer nivel) o indirectas (causas de segundo nivel); y sus efectos, las ramas, también pueden ser directos (primer nivel) e indirectos (segundo nivel).



**Figura 78.** Esquema de un árbol de problemas

Tanto el árbol de problemas como el diagrama de Ishikawa son utilizados por varios tipos de empresas, organizaciones e instituciones de diferente índole, como herramienta básica de diagnóstico, debido a que el tipo de problemas que enfrentan, tanto internos como externos, se caracterizan por tener múltiples causas que pueden explicar el problema. Las causas pueden estar derivadas de todos los factores que intervienen y de sus efectos, por lo que ambos diagramas pueden contribuir a su comprensión clara.

### ***Formulación adecuada de problemas***

Para la formulación del problema es indispensable tener en cuenta diversas consideraciones:

- Debe identificarse el problema principal y enunciarse de manera clara e individualizada, como un estado negativo, sin mezclarse con otros en un mismo enunciado. Ejemplo: insatisfacción laboral de los empleados.
- Es necesario listar las causas y subcausas que lo originan y jerarquizarlas de acuerdo con su grado de influencia en el hecho. Es importante ubicar en un tercer nivel las de menos relevancia.

- Teniendo en cuenta que la mayoría de los problemas son multicausales, deben identificarse las causas directas de cada problema, independientemente de que puedan o no ser intervenidas. Con estas acciones se verá el ensanchamiento del árbol de manera horizontal y su crecimiento vertical, a partir de la identificación de los niveles inferiores.
- Al formular el problema como una situación o estado negativo se debe evitar su formulación como ausencia de soluciones, o como falta de determinados medios que podrían emplearse para solucionarlos. Por ejemplo: «falta de presupuesto», «no hay computadores» o «falta de personal». Este tipo de formulaciones son bastante frecuentes y pueden conducir a un mal diagnóstico.
- Es frecuente una mala definición del problema por confundir una causa con el problema central, o por desconocer otras causas determinantes que también podrían estarlo originando, lo cual puede llevar a una solución inadecuada o a que un proyecto tenga un rumbo equivocado.

Ejemplo: ante una situación problemática o un síntoma como las largas colas de espera para recibir un servicio, el problema podría formularse equivocadamente como la insuficiencia en el número de personas que atienden el servicio que, si bien puede ser cierta, es solo una de las causas. Si el problema se enfoca de esta manera, podría llevar a la contratación de más personal sin que se solucione el problema de fondo o solucionándolo parcialmente. La formulación correcta del problema podría ser: prestación inefficiente del servicio con causas que se suman a la insuficiencia del personal, como: infraestructura física inadecuada, baja motivación del personal, alta demanda o fallas en los sistemas de información para el soporte de la operación. En la tabla 11 se aprecian algunos ejemplos.

**Tabla 11. Ejemplos de errores en la formulación del problema central**

Problema mal formulado	Problema bien formulado
Insuficiencia en el número de personas para la operación de la empresa. (Puede ser una de las causas del problema central de ineficiencia productiva).	Ineficiencia productiva.
Ausencia de semáforos en el cruce de la avenida paralela con la Avenida Lindsay. (Puede ser una de las alternativas de solución al problema de accidentes frecuentes de vehículos, pero no el problema en sí mismo).	Accidentes frecuentes en el cruce de la avenida paralela con la Avenida Lindsay.
Falta de profesores capacitados. (Es una de las causas que demanda una alternativa de solución prioritaria).	Bajo rendimiento de los estudiantes en la zona rural.

### ***Construcción del árbol***

En el campo administrativo la priorización de problemas suele ser de vital importancia, pues existen situaciones susceptibles de mejorar en todas las áreas de la organización, por lo que en primer lugar deben valorarse y priorizarse las situaciones problemáticas para atender inicialmente las de mayor impacto. El árbol de problemas da una imagen completa de la situación negativa existente. Para construir el árbol deben seguirse al menos los siguientes pasos:

1. Identificar los principales problemas en una situación. Cuando se trabaja en grupos para su formulación, puede ser funcional realizar una tormenta de ideas donde todos aporten sobre las principales deficiencias encontradas, para que el grupo, luego de aplicar criterios de prioridad y selectividad, seleccione el problema central.
2. Formular el problema como una oración corta en forma negativa y que sea comprensible.
3. Definir los efectos más importantes del problema en cuestión.

4. Analizar los diferentes factores o variables, tanto internos como externos, que intervienen en el problema central e identificar sus posibles causas. Es preferible identificar unas pocas grandes causas que se desagreguen e interrelacionen a través de causas secundarias en una secuencia causa-efecto.
5. Diagramar el árbol de causas y efectos asociados al problema.
6. Revisar la validez e integralidad del árbol diseñado, de abajo hacia arriba, todas las veces que sea necesario. Esto servirá para asegurarse de que las causas son lógicas, tienen una relación vertical causa-efecto y son realmente causas directas o efectos directos y que el problema central está definido correctamente.

## Árbol de objetivos

Metodológicamente, el árbol de objetivos es el paso que sigue al árbol de problemas. Una vez identificadas las causas del problema, que se representan como situaciones negativas en el árbol de problemas, en el árbol de objetivos se transforman tanto el problema central como las diferentes causas identificadas en descripciones positivas. Esto permite visualizar de manera integrada la situación deseada una vez que los problemas sean resueltos. Por ejemplo, si el problema se formula como «pérdida de clientes» y se identifican causas como deficiente calidad del producto, altos precios del producto, entre otras; en el árbol de objetivos se formularían el problema principal como «aumento del número de clientes» y las y las situaciones negativas: "calidad deficiente" y "altos precios del producto", se transformaría en "producto de buena calidad" y "precios acordes al mercado". Estas descripciones representan las situaciones deseadas una vez que se intervengan las causas del problema central.

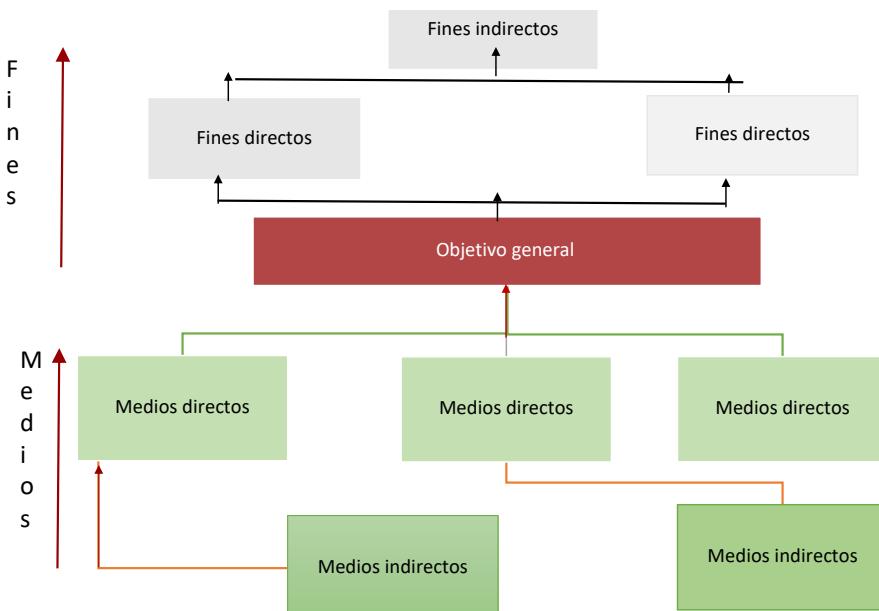
Para construir el árbol de objetivos, se siguen estos pasos:

1. Redactar el problema central en forma positiva, convirtiéndolo en la situación futura deseada, es decir, en el objetivo central o propósito del proyecto. De acuerdo con el ejemplo anterior: «aumento del número de clientes».
2. Transformar todas las condiciones negativas en situaciones positivas y que sean realizables, lo cual significa que las causas se convierten en medios y los efectos en fines. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no toda relación causa-efecto se puede convertir en objetivo, pues algunas situaciones pueden ser irrealizables. En el mismo ejemplo citado, ante la causa descrita como «altos precios del producto» y en forma positiva, como «precios acordes con el mercado», si se formulara como «precios por debajo del mercado», podría ser una situación irrealizable.

3. Revisar las relaciones «medios-fines» para verificar su consistencia y validez, al igual que en el árbol de problemas. Es posible que de esta revisión se deduzca la necesidad de modificar las formulaciones, buscando que sean relevantes para alcanzar los objetivos propuestos y eliminando los que no sean efectivos o necesarios.
  4. Deducir del árbol de objetivos las alternativas para mejorar la situación planteada o solucionar el problema.

Una buena formulación, tanto del árbol de problemas como del árbol de objetivos, es una condición necesaria para que los problemas tratados puedan ser solucionados. De acuerdo con la CEPAL:

Cambiar todas las condiciones negativas del árbol de problemas a condiciones positivas que se estime que son deseadas y viables de ser alcanzadas. Al hacer esto, todas las que eran causas en el árbol de problemas se transforman en medios en el árbol de objetivos, los que eran efectos se transforman en fines y lo que era el problema central se convierte en el objetivo central o propósito del proyecto (2015, p. 75)



**Figura 79.** Esquema árbol de objetivos

## Identificación de alternativas

Una vez construidos el árbol de problemas y el árbol de objetivos, se procede a la identificación de alternativas, que son las acciones probables que pueden desarrollarse para

solucionar las causas del problema, con lo cual podría afirmarse que, si se resuelven las causas más profundas y que más afectan al problema general, se estaría eliminando el problema o dando solución al mismo. A partir de la identificación de estas acciones, se requiere seleccionar las más relevantes para cumplir el objetivo, debido a su pertinencia, eficiencia y eficacia esperada, y a que sean factibles en términos económicos, técnicos, legales y ambientales. Por tanto, es necesario realizar un análisis más profundo para la selección de alternativas y definir los criterios de selección que permitirán elegir la o las mejores soluciones, que pueden traducirse en un proyecto o en un programa compuesto de varios subproyectos.

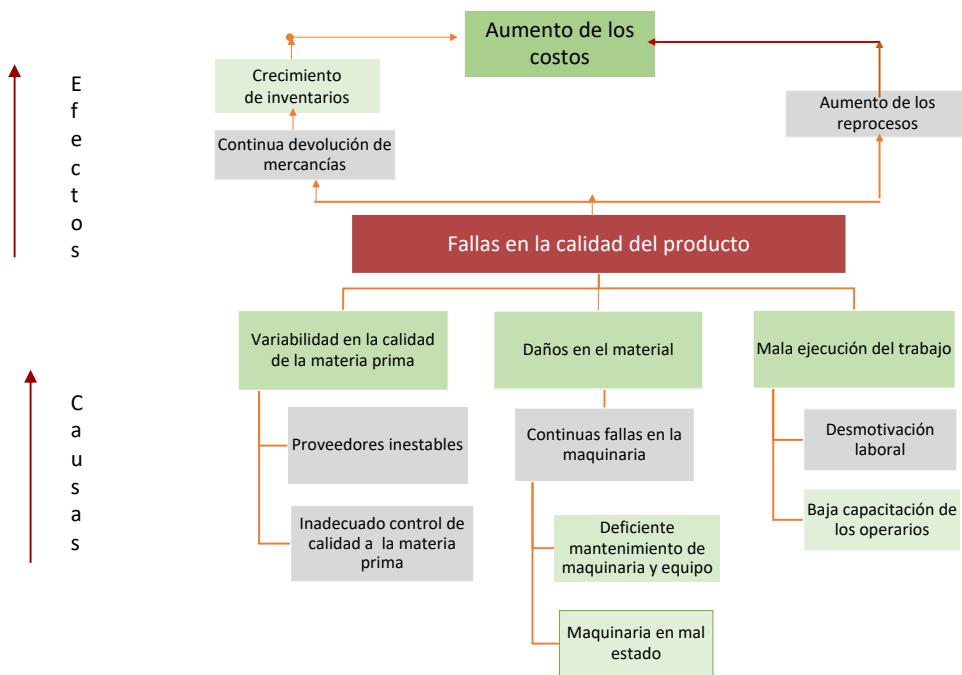
## Ejemplos de aplicación

Una empresa ha identificado con sus empleados, mediante una lluvia de ideas, situaciones problemáticas en varios departamentos, como: (1) devoluciones de mercancía, (2) crecimiento de los inventarios, (3) desmotivación laboral, (4) proveedores inestables, (5) aumento de los costos, (6) continuas fallas de maquinaria, (7) deficiencias en el mantenimiento de la maquinaria y el equipo, (8) aumento en el porcentaje de reprocessos, (9) control inadecuado de la calidad de la materia prima, (10) variabilidad en la calidad de la materia prima, (11) daños en el material, (12) mala ejecución del trabajo, (13) maquinaria en mal estado y (14) capacitación baja de los operarios.

Basado en los diferentes hechos identificados como síntomas y situaciones problemáticas, se aplica la metodología formulada en el ZOPP para el análisis de problemas, a partir de los siguientes pasos:

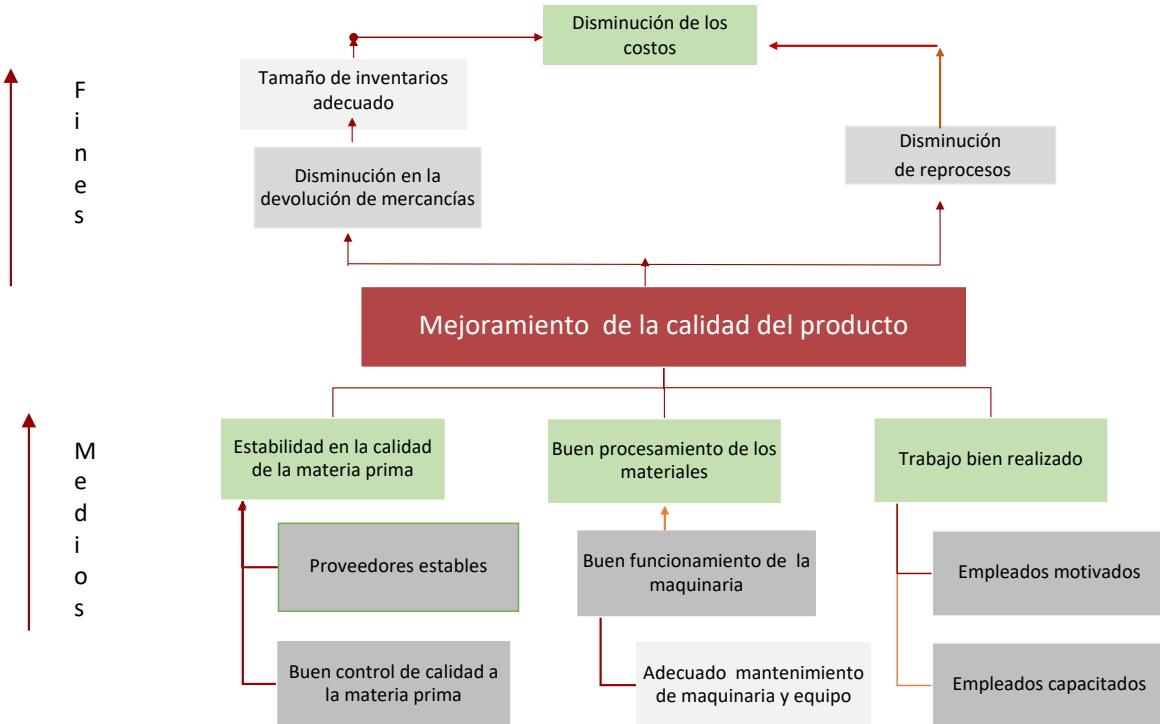
1. Definición del problema central: el grupo de participantes identifica el problema central como «baja calidad en los productos terminados» por considerar que en este confluyen varias de las situaciones detectadas.
2. Selección de los efectos directos y derivados: se eligen los efectos directos del problema y aquellos que se derivan de ellos a partir de las situaciones encontradas.
3. Análisis de causas: se lleva a cabo un análisis de las causas que inciden directamente en el problema central, así como de las subcausas que influyen en estas.
4. Elaboración del árbol de problemas: se crea un gráfico que muestra el árbol de problemas, tal como se ilustra en la figura 80.

5. Elaboración del árbol de objetivos: teniendo en cuenta el árbol de problemas, se elabora el árbol de objetivos, como se muestra en la figura 81. Este árbol servirá como base para la formulación de la matriz de marco lógico.



**Figura 80.** Ejemplo de árbol de problemas para un problema de calidad en una industria manufacturera

Una vez identificadas las causas principales y secundarias del problema y elaborado el árbol de relaciones causa-efecto, se procede a transformar las situaciones negativas en positivas para la construcción del árbol de objetivos. Este árbol se estructura estableciendo una relación de medios afines, como se ilustra en la figura 81. En este proceso, se busca visualizar de manera clara y organizada las metas y objetivos que se desean alcanzar a partir de la intervención en las causas identificadas.



**Figura 81.** Ejemplo de árbol de objetivos para un problema de calidad en una industria manufacturera

Las acciones para resolver el problema deben estar encaminadas a mejorar la calidad de la materia prima, mejorar el procesamiento de los materiales y fortalecer la ejecución del trabajo.

## Matriz de marco lógico

Para el desarrollo de este punto, se ha tomado como fuente principal el documento publicado por el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) (2004), que hace parte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y que expone de manera clara y detallada cada una de las partes de la matriz del marco lógico (MML). Este documento está en la bibliografía y se sugiere como fuente de consulta para quienes quieran profundizar en el tema.

La MML, también denominada matriz de planificación de proyectos, hace parte de la metodología ZOPP y es utilizada como herramienta para la formulación, diseño, seguimiento y ejecución de proyectos, después de haber definido y conceptualizado el problema y las alternativas de solución. La MML se ha convertido en una de las herramientas

de mayor utilización por parte de los planificadores, debido a las ventajas que ofrece frente a otras técnicas utilizadas con propósitos similares, al integrar todas las partes de un proyecto y permitir visualizar en un solo esquema los diferentes aspectos que lo integran.

El primer paso para elaborar la MML es reconocer y formular correctamente el problema, así como, identificar las alternativas de solución, teniendo en cuenta las múltiples variables que intervienen. Algunas variables son: necesidades específicas de una comunidad, grupo de personas, ciudad o empresa; el contexto en el cual se implementará la solución; los recursos humanos, físicos y financieros; el tiempo en el que se requiere; el tiempo de ejecución, etc. Es preciso aclarar la definición de lo que es un proyecto, para lo cual existen múltiples interpretaciones, pero una de las más comunes, relacionada con la MML, es:

Conjunto de actividades que se estructuran de manera organizada y argumentada para producir una solución adecuada o razonable a una necesidad, un problema o una oportunidad de mejora, a través de la generación de conocimiento, productos, servicios o resultados únicos dentro de un plazo de tiempo, un presupuesto y unos requisitos de calidad delimitados por una entidad (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2020)

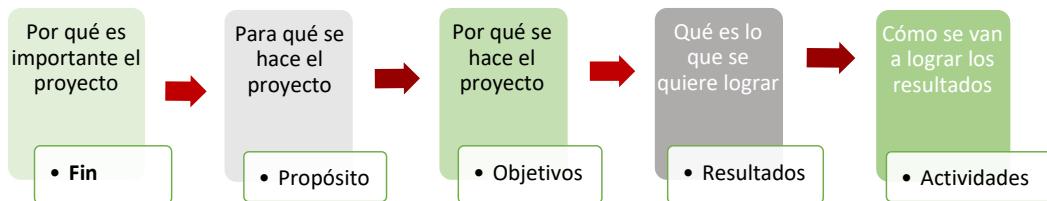
La elaboración de un proyecto pasa por una serie de fases interrelacionadas y secuenciales que buscan cumplir con un objetivo específico, como se muestra en la figura 82. La MML permite visualizar de manera resumida las diferentes fases del proyecto.



**Figura 82.** Fases de un proyecto

La MML permite responder de manera resumida, como se muestra en la figura 81, los principales aspectos del proyecto, como son: ¿Cuál es la finalidad que se persigue con

su ejecución? ¿Cuál es el propósito del proyecto, es decir el impacto que se espera una vez se ejecuta? ¿Cuáles son los objetivos específicos del proyecto y que resultados se esperan? ¿Cómo se van a lograr los resultados esperados? ¿Cuánto costará cumplir con los resultados esperados? ¿Cómo verificar que los resultados y los objetivos esperados se han cumplido? ¿Qué factores externos pueden comprometer el éxito del proyecto?



**Figura 83.** Principales preguntas que resumen la MML

## Estructura de la matriz de marco lógico

La matriz de marco lógico presenta en forma resumida los aspectos más importantes del proyecto y se deriva del árbol de objetivos, del cual:

- El problema central se convierte en el objetivo principal y, por ende, en el propósito del proyecto.
- Las causas directas del problema central se convierten en medios para alcanzar el objetivo principal y contribuir al logro del fin. Para la MML serían los objetivos específicos y las metas.
- Los efectos del problema central se transforman en los fines a los que contribuirá el proyecto.
- Las causas indirectas, convertidas en medios indirectos en el árbol de problemas, son las actividades y componentes de la MML.

La estructura del MML se compone de cuatro filas y cinco columnas, en las cuales se resumen los principales aspectos del proyecto (ver tabla 12). Cada una de las filas hace referencia a:

- Fin: es el objetivo superior que se persigue al resolver el problema: establece el propósito deseado en el largo plazo una vez se han implementado o desarrollado los proyectos o soluciones propuestas. Teniendo en cuenta que muchos de los

problemas abordados obedecen a múltiples causas, es posible que el proyecto en sí mismo no sea suficiente para alcanzar el fin, por lo que en general se requiere la concurrencia de otros proyectos que pueden contribuir de manera significativa al logro total del fin.

- Propósito: es el resultado que se espera de manera directa de la ejecución del proyecto (¿Para qué se hace el proyecto?). En otras palabras, es el efecto directo que se espera generar al intervenir cada una de las causas del problema. Cada proyecto debe tener un solo propósito, de tal manera que se pueda tener claridad sobre lo que se quiere lograr.
- Componentes o resultados: productos o acciones concretas que entregará el proyecto durante su ejecución, por lo cual en la MML se redactan como acciones obras desarrolladas de infraestructura, estudios realizados, equipos o productos en general adquiridos o diseñados, servicios prestados, etc. Cada resultado debe alcanzarse para lograr el propósito, debido a que si todos los resultados son conseguidos de la manera planeada se cumplirá el propósito.
- Actividades: diferentes acciones que se desarrollarán para lograr los resultados esperados. Requieren recursos para su realización y por ende son las que determinan los costos del proyecto.

Por su parte, las columnas definen:

- Objetivos: metas del proyecto para cada nivel jerárquico.
- Indicadores: permiten comprobar el avance y alcance de los objetivos y resultados propuestos para cada etapa del proyecto. En lo posible, deben ser medibles y formularse de acuerdo con los diferentes niveles jerárquicos. Es decir, deben fijarse indicadores del propósito, resultados o componentes, y actividades.
- Medios: permiten la verificación de indicadores.
- Supuestos: factores externos que deben tenerse en cuenta para el éxito del proyecto; sin embargo, dado que están fuera del control del proyecto, pueden ser una condición para alcanzar los resultados del proyecto.

**Tabla 12.** Estructura de la matriz de marco lógico

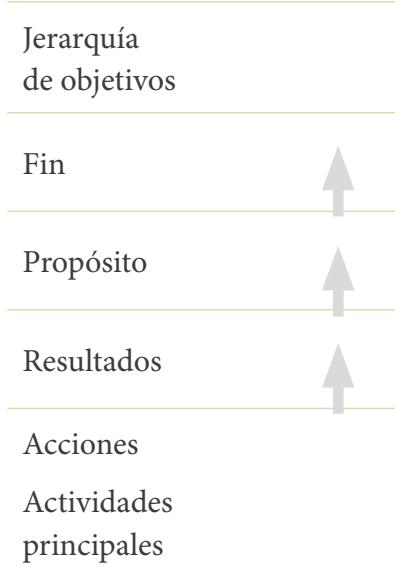
<b>Jerarquía de objetivos</b>	<b>Objetivos o metas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuentes de verificación</b>	<b>Supuestos</b>
Fin	Objetivos de desarrollo a largo o mediano plazo.	Indicadores de impacto.	Fuentes de los indicadores del fin.	Supuestos de sostenibilidad, para garantizar el cumplimiento a largo plazo.
Propósito	Objetivo general y situación final.	Indicadores del propósito.	Fuentes para verificar el logro del objetivo general.	Supuestos que afectan el enlace entre el propósito y el fin.
Resultados	Objetivos específicos.	Indicadores de resultados en términos de cantidad, calidad, lugar y tiempo.	Fuentes para verificar el cumplimiento de los resultados del proyecto.	Supuestos que afectan el enlace entre componentes y propósitos.
Acciones y actividades principales	Recursos físicos, monetarios y humanos necesarios para cada actividad. Costos por actividad.	Registros sobre el presupuesto ejecutado y recursos para realizar las actividades.	Fuentes para verificar el desempeño de las actividades y empleo de los recursos ejecutados.	Supuestos que afectan el enlace entre actividades y componentes.

Una vez elaborada la matriz, se realiza un análisis de lógica vertical y de lógica horizontal con los objetivos de verificar cada uno de sus componentes y de evaluar la consistencia del resumen.

## Lógica vertical

Muestra relaciones de causa-efecto entre los objetivos de distinto nivel. La lógica vertical es un análisis que debe realizarse para validar la causalidad entre los cuatro niveles de objetivos y sus supuestos. Para esto se realiza una comprobación desde la parte inferior a la superior, así: si se realizan las acciones y actividades propuestas se obtienen los resultados previstos que permiten alcanzar el propósito y contribuyen al logro del fin (ver tabla 13). También puede verificarse desde el fin hasta llegar a las actividades.

**Tabla 13. Jerarquía de objetivos**



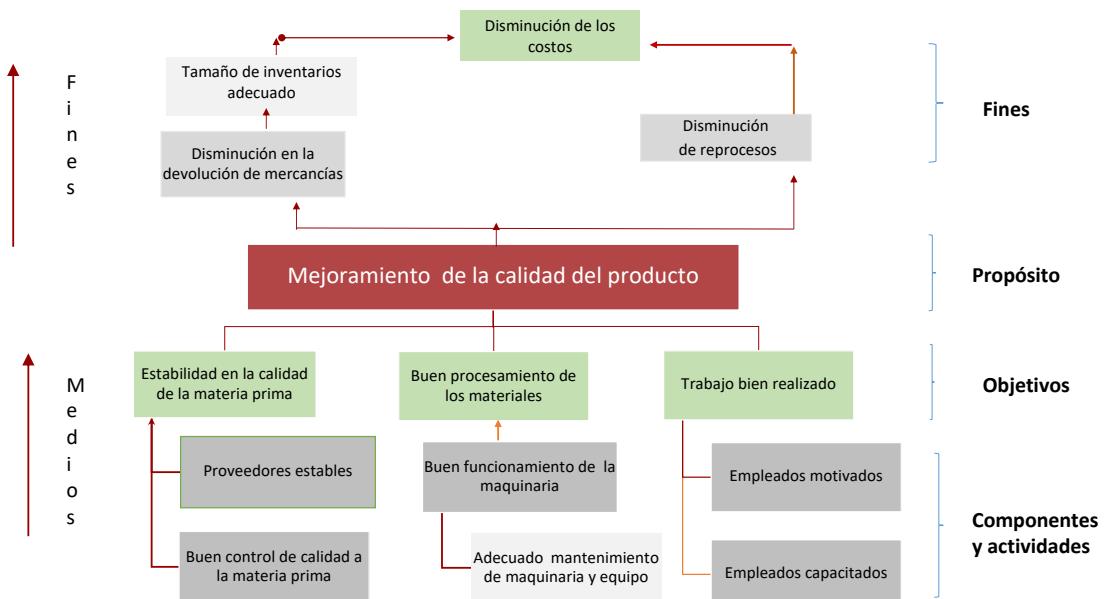
## Lógica horizontal

La segunda revisión se realiza de manera horizontal, para verificar que se tengan en cuenta las condiciones o riesgos del proyecto para alcanzar el propósito. Muestra que no es suficiente cumplir con las actividades para obtener resultados, sino que, además, deben ocurrir los supuestos de nivel de actividad para contar con las condiciones necesarias y suficientes (ver tabla 14).

**Tabla 14.** Lógica horizontal en la matriz MML

Jerarquía de objetivos	Metas	Indicadores	Fuentes de verificación	Supuestos
Fin (Objetivos de desarrollo)		Entonces		
Propósito (Objetivo general) (Situación final)	SI	Más	Entonces	Supuestos
Resultados (Objetivos específicos)	SI	Más	Entonces	Supuestos
Acciones Actividades principales	SI	Más		Supuestos

Siguiendo el ejemplo anterior sobre el problema de fallas de calidad en el producto, se presenta el árbol de objetivos (figura 84) y la MML del caso (tabla 11).

**Figura 84.** Ejemplo del árbol de objetivos de la matriz de marco lógico

**Tabla 15.** Ejemplo de aplicación de la matriz de marco lógico

Resumen Narrativo	Metas	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Disminución de los costos de la empresa.	Reducción del 20% de los costos derivados de fallas de calidad.	Variación de los costos asociados a fallas de calidad.	Análisis de costos.	
Disminución de las fallas de calidad del producto.	Tasa de conformidad aumenta en un 30%.	Porcentaje de productos conformes.	Registros del departamento de calidad.	Que todos los demás factores de costo mantengan un comportamiento estable.
A.Mejoramiento de la calidad del trabajo realizado por el operario B.Mayor autocontrol por parte de los trabajadores.	Reducción de un 70% de las fallas de calidad ocasionadas por el trabajo de los operarios.	Variación de los registros de fallas de calidad imputables al trabajador. Registros del departamento de calidad.	Registros del departamento de calidad.	Estabilización en las condiciones de la maquinaria y de los materiales.
A1. Reentrenar a los operarios. A2. Involucrar a los operarios en proyectos de mejoramiento. A3. Adelantar un plan de capacitación en herramientas lean.	Asignación de recursos monetarios en cuantía de \$\$\$\$\$\$, en el año, para reentrenamiento, capacitación , motivación y medición del desempeño.	No. de horas destinadas a planes de reentrenamiento y mejoramiento y total de operarios que fueron entrenados en el año. -Número de operarios involucrados en el plan de mejoramiento.	Evaluación final de desempeño para certificar el nivel de conocimientos y nuevas competencias adquiridas.	Mejoramiento de las condiciones generales del trabajo.



## Bibliografía

- ABET. (2007). *Criteria for accrediting engineering programs Engineering Accreditation Commission.* bit.ly/43J6vvA
- Acevedo, J. A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14(1), 35-44. bit.ly/43o895K
- Acevedo, J. A. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(3), 409-420. bit.ly/3oMJ59C
- ACOFI. (2020). *Lineamientos curriculares para ingeniería industrial en Colombia.* Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. bit.ly/42vOEas
- American Marketing Association (AMA). (2017). «Definition of Marketing». *American Marketing Association*. <https://www.ama.org/the-definition-of-marketing-what-is-marketing/>
- Baca-Urbina, G. (2013). *Evaluación de Proyectos* (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill.
- Barreto, P. (2010). Innovación y administración: Conocimiento explícito e implícito en las prácticas administrativas. *Revista Electrónica Forum Doctoral*, 2. bit.ly/3IXKJMy
- Bertalanffy, L. (1989). *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo y aplicaciones.* Fondo de cultura económica.
- Brittanica. (2022). Matthew Boulton. *Enciclopedia Británica*. <https://www.britannica.com/biography/Matthew-Boulton>
- Cárdenas, D. y Montoya, C. (2002). Conocimiento científico vs. Conocimiento tecnológico. *Revista Escuela Colombiana de Ingeniería*, 47.
- Castellanos, O. (2007). *Gestión tecnológica: de un enfoque tradicional de la tecnología a la inteligencia.* Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Centro Europeo de Empresas Innovadoras. (CEEI). (2009). *Guía: métodos de cálculo para el tamaño del mercado.* bit.ly/42rddFo
- Chase, R., Aquilano, N. y Jacobs, R. (2009). *Administración de producción y operaciones.* McGraw Hill Interamericana.
- Chase, R., Davis, M. y Aquilano, N. (2007). *Fundamentos de dirección de operaciones.* McGraw Hill.
- Chiavenato, I. (2007). *Introducción a la teoría general de la administración* (7<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill.

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2005). *Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública. Serie Manuales* (39).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Naciones Unidas, serie: Manuales.
- CONACYT. (2012). Glosario de términos. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. <https://lc.cx/8Pjswx>
- Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas. (1958). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas* (CIIU). Revisión 1. <https://lc.cx/AYU2vi>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2007). *Política nacional para la transformación productiva y la promoción de las micro, pequeñas y medianas empresas: un esfuerzo público-privado*. Departamento Nacional de Planeación.
- Crouzet, M. (1969). *Historia general de las civilizaciones* (Tomo 4). Ediciones Destino.
- Cupani, A. (2006). La peculiaridad del conocimiento tecnológico. *Scientiae Studia*, 4(3), 353-371. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662006000300002>
- David, F. (2008). *Conceptos de administración estratégica* (5<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas*. Revisión 4.
- Domínguez, M., Álvarez, M., Domínguez, M., García, S. y Ruiz, A. (2005). *Dirección de operaciones: aspectos estratégicos en la producción y en los servicios*. McGraw Hill.
- Dvoskin, R. (2004). *Fundamentos de marketing: teoría y experiencia*. Editorial Granica.
- Fernández, E., Avella, L. y Fernández, M. (2006). *Estrategia de Producción*. McGraw Hill.
- Fernández, J. (1989). Planificación de proyectos orientada a objetivos: el método zoop. *Cuadernos de trabajo social*, 2, 115-127. <https://onx.la/3c376>
- Fernández, V. (2015). Marketing mix de servicios de información: valor e importancia de la P de producto. *Bibliotecas Anales de Investigación*, 11, 64-78. <https://onx.la/f75e3>
- Ferrell, M. (1996). Historia, desarrollo y alcance de la ingeniería industrial. En *Manual del Ingeniero Industrial*. (4<sup>a</sup> ed.). McGraw Gill.
- Forrester, J. (1981). *Dinámica Industrial*. Editorial Ateneo.
- García, F. (2006). *La investigación tecnológica. Investigar, idear e innovar en ingenierías y ciencias sociales*. Editorial Limusa.

- González, M. y González, R. (2008). Competencias genéricas y formación profesional. Un análisis desde la docencia universitaria. *Revista Iberoamericana de educación*, 4(1), 185-210. <https://onx.la/6b82e>
- Grech, P. (2001). *Introducción a la Ingeniería. Un enfoque a través del diseño*. Prentice Hall.
- Guerrero, M. (2016). *Propósitos y argumentos en el proceso de diseño. El diseño conceptual en torno a la representación formal del producto* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio institucional. <https://onx.la/050eb>
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). (2021). *Guía de orientación módulo en diseño en ingeniería*. Pruebas Saber Pro, 2021.
- Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). (2004). Metodología de Marco Lógico. *Repositorio Digital Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. <https://lc.cx/MErG5C>
- Johansen, O. (2004). *Anatomía de la empresa. Una teoría de las organizaciones sociales*. Limusa.
- Johansen, O. (2004). *Introducción a la teoría general de sistemas*. Limusa.
- Juran, J. (1975). The Non-Pareto Principle; Mea Culpa. *Selected papers*, 18. <https://onx.la/3cbf2>
- Kast, F. y Rosenzweig, J. (1998). *Administración en las organizaciones. Enfoque de sistemas y contingencias* (4<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill.
- Katz, D. y Kahn, R. (1986). *Psicología Social de las Organizaciones*. Editorial Trillas.
- Koontz, H. (2000). Revisión de la Jungla de la teoría administrativa (Ríos, J., trad.). *Vista Contaduría y Administración*, 199, 55-74 (original publicado en 1980). <https://biblioteca.org.ar/libros/91555.pdf>
- Koontz, H., Weihrich, H. y Cannice, M. (2017). *Administración una perspectiva global y empresarial* (15<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill.
- Kotler, P. y Keller, K. (2012). *Dirección de Marketing* (14<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- Kotler, P. y Keller, K. (2016). *Dirección de Marketing* (15<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- Krick, E. (1991). *Fundamentos de Ingeniería. Métodos, conceptos y resultados*. Limusa.
- Krick, E. (2005). *Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería*. Limusa.
- Kroes, P. (2009). Foundational issues of engineering design. En *Philosophy of technology and engineering sciences*. North Holland.
- Layton, D. (1993). Una introducción adecuada a la tecnología. En *Innovaciones en la educación en ciencias y tecnología* (v.2). Unesco.

- Marín, J., García, J., Perelló, M. y Canos, L. (2009). Propuesta de competencias para el Ingeniero de Organización en el contexto de los nuevos planes de estudio en Europa. *Intangible capital*, 5(4), 387-406. <https://onx.la/106b7>
- Martínez, C. (1999). *Administración de organizaciones. Productividad y eficacia* (2<sup>a</sup> ed.). Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Martínez, C. (2012). *Administración de organizaciones. Grandes transformaciones estratégicas y operacionales* (5<sup>a</sup> ed.). Centro de Investigación y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia.
- Maynard, H. (2006). *Manual del Ingeniero Industrial* (5<sup>a</sup> ed., vol 1). McGraw Hill.
- Mejía, A. (2009). Tres esferas de acción del pensamiento crítico en Ingeniería. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49(3). <https://doi.org/10.35362/rie4932091>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias). (2020). *Tipología de proyectos calificados como de carácter científico, técnico y de innovación* (Versión 6). <https://onx.la/176a2>
- Mintzberg, H. (2012). *La estructuración de las organizaciones*. Editorial Ariel.
- Montoya, H. y Cárdenas, D. (2017). *Clasificación de las tecnologías*. Conferencia de clase. Universidad Nacional Sede Manizales.
- Murcia, J. (2009). *Proyectos, formulación y criterios de evaluación*. Alfa Omega.
- Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial*. Editores Técnicos Asociados.
- Nahmias, S. (2014). *Análisis de la Producción y las Operaciones* (6<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill.
- Núñez, J. (1999). *La ciencia y la tecnología como procesos sociales, lo que la educación científica no debería olvidar*. Editorial Universitaria Félix Varela.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2014). *Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala*. <https://lc.cx/NvZrda>
- Porter, M. (2015). *Estrategia Competitiva* (2<sup>a</sup> ed.). Grupo Editorial Patria.
- Porter, M. (2015). *Ventaja competitiva: creación y mantenimiento de un rendimiento superior* (6<sup>a</sup> ed.). Grupo Editorial Patria.
- Poveda, G. (1993). Ingeniería e historia de las técnicas. En *Historia social de la ciencia en Colombia* (tomos 4 y 5). Colciencias.
- Poveda, G. (2009). La ingeniería en Colombia. *Revista Digital Lámpsakos*, 1, 35-46.
- Procolombia. (2016). *Manual de empaque y embalaje para exportación*. <https://onx.la/22776>

- Real Academia Española de la Lengua. (2014). *Diccionario de la lengua española* (23<sup>a</sup> ed.). [www.rae.es/obras-académicas/diccionarios](http://www.rae.es/obras-académicas/diccionarios).
- Rodríguez-García, A. y Vélez-Upegui, M. (2011). *Justificación general de las ingenierías*. ACOFI.
- Sallenave, J. (2004). *Gerencia y planeación estratégica*. Editorial Norma.
- Saunders, B. (1991). La profesión del ingeniero industrial. En *Manual de ingeniería industrial* (pp. 29-50). Salvendy.
- Schroeder, R. (2005). *Administración de operaciones* (2<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill.
- Solleiro, J. (2006). *Conceptos Básicos de Gestión Tecnológica*. CCADET-UNAM.
- Stanton, W., Etzel, M. y Walker, B. (2007). *Fundamentos de Marketing* (14<sup>a</sup> ed.) McGraw Hill Interamericana.
- Superintendencia de Sociedades. *Marco legal de las sociedades comerciales*. [https://lc.cx/\\_uCQgN](https://lc.cx/_uCQgN)
- Taylor, F. W. y Fayol, H. (1973). *Principios de la administración científica. Administración industrial y general*. El Ateneo.
- Tirado, L., Estrada, J., Ortiz, R., Solano, H., González, J., Alfonso, D., Restrepo, G., Delgado, J. y Ortiz, D. (2007). Competencias profesionales: una estrategia para el desempeño exitoso de los ingenieros industriales. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 4, 123-139. <https://onx.la/bc9d7>
- Tompkins, J., White, J. y Bozer, Y. (2009). *Planeación de instalaciones* (4<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning Editores.
- Tuning America Latina. (2007). *Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina*. Publicaciones Universidad de Deusto. <https://lc.cx/oLJ24h>
- Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. (1990). *Reforma Académica. Plan de estudios de Ingeniería Industrial*.
- Valencia, A. (1996). Sobre la distinción entre ciencia, tecnología y técnica. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, 15, 12-13.
- Valencia, A. (2000). Breve historia de la Ingeniería. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, 20, 119-136. <https://onx.la/ac0ac>
- Valencia, A. (2010). Sobre la identidad de la ingeniería. *Ingeniería y Sociedad*, 2, 28-36. <https://onx.la/410fc>
- Velásquez, F. (2002). Escuelas e interpretaciones del pensamiento administrativo. *Estudios Gerenciales*, 83, 31-55. <https://onx.la/4abd9>
- Vargas Zúñiga, F. (2004). *40 preguntas sobre competencia laboral*. Oficina Internacional del Trabajo (oIT).

- Weber, M. (2002). *Economía y Sociedad: Esbozo de Sociología Comprensiva*. Fondo de cultura económica.
- Wright, P. (2004). *Introducción a la Ingeniería* (3<sup>a</sup> ed.). Limusa.
- Zalazar, R. (2020). *Introducción a la Administración: Paradigmas en las organizaciones*. Eumed.
- Zandin, K. (2010). *Manual de Ingeniero Industrial* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill.

# Índice temático

## A

actividades de valor 187-188  
de apoyo 187, 189, 191  
primarias 186-191, 236  
árbol de objetivos 320, 329-330, 334-335,  
337-338, 340, 344  
árbol de problemas 320, 329-331, 333-337,  
340  
autoridad 47, 57, 59-61, 63-64, 134, 136-145,  
147-149, 153, 158, 160-161

## B

biotecnología 33

## C

cadena de mando 137-138  
cadena de valor 89, 91, 184-186, 188,  
190-192  
conocimiento 15-16, 21-23, 25-28, 30,  
32-36, 40, 42-44, 46, 48, 68, 74-85, 88-90,  
93-97, 99-101, 108, 115, 122-123, 127,  
130-131, 138, 145, 153, 155-156, 166, 171,  
175, 190-196, 198-207, 209, 212, 223, 236,  
248, 266-268, 288, 297-299, 302, 305,  
307-309, 310-312, 314, 320, 339, 345  
explícito 75  
tácito 75  
teórico 85  
consumidor 108, 156, 176, 178, 188, 199,  
214-220, 224-225, 227-230, 232, 236-240,  
242, 244-246, 250, 252, 255, 256-257  
intermediario 240

## D

delegación 137-138, 142, 153, 161  
demanda 29, 36, 45, 52, 97, 126, 134, 136,  
176-177, 181, 191, 218, 220, 236, 238-239,  
241-243, 246-249, 252, 254, 269, 291, 292,  
332-333  
departamentalización 63, 137, 153-159  
combinada 158-159

criterios de 153

geográfica 157  
por funciones básicas 154  
por productos 155  
por tipo de servicio 155

desconcentración 137, 138

diagrama 40, 50, 199, 274-276, 278-285,  
320-325, 328-329, 331, 334  
de causa-efecto 320-321  
de espina de pescado 320-322  
de Pareto 320, 323-324, 328

diseño organizacional 131, 152-153

## G

gestión 15, 56, 69, 88, 90-92, 100-101, 116,  
120, 134, 138, 150-1551, 158, 175,  
178-180, 182, 186, 190, 192, 200-201, 204,  
208, 216, 230, 236, 260, 282, 284, 285, 312  
empresarial 69, 90-91, 200  
de tecnología 201  
de operaciones 204, 236  
de *marketing* 230  
administrativa 208

## H

historia de la ingeniería 15-16, 20, 23

## I

inversión 123, 176, 181-182, 212, 224, 233,  
241, 246, 259, 289, 291-292, 298

## J

jerarquía 57, 60, 63, 110-111, 137-138, 144,  
160, 168, 198, 207, 221-222, 242, 343-344  
niveles jerárquicos 130-131, 136, 138-141,  
151, 160-161, 163, 341

## K

*Know How* 78, 89-81  
*Know Why* 80

**L**

logística 154, 180-181, 186, 188-189, 204, 263  
 de entrada 188  
 de salida 188

**M**

macro-localización 293-294  
 manual 29, 60, 75, 88, 199, 204-205, 208, 226, 268-269, 277  
 marca 77, 127-128, 213-216, 220, 222, 224-227, 230, 232, 263  
 elementos de la 225  
*marketing* 149, 186, 188, 196, 223, 225, 229-230, 232, 236-239, 241-242, 245, 255-257, 259-261, 263  
 canales de 239  
 gestión de 230  
 matriz 120-121, 157, 159, 295-297, 320, 329-330, 337-338, 340, 342, 344-345  
 casa matriz 120-121, 157, 159  
 de marco lógico 320, 330, 337-338, 340, 342, 344-345  
 multicriterio 295  
 medio ambiente 70, 167, 171-172, 174, 202, 207, 227, 267, 322-323  
 mercado 16, 53, 95, 109-110, 121, 125, 127, 150, 159, 176, 181, 184, 191, 196, 200, 202, 212-214, 216, 218, 220, 223, 225-226, 229-233, 236, 238-239, 241-259, 261-262, 267, 288-289, 291-296, 298, 317, 334  
 de bienes industriales 241-242  
 de capitales 241, 242  
 de consumidores finales 242  
 de intermediarios 242  
 de productos o bienes 242  
 de recursos 242  
 de servicios 242  
 gubernamental 242  
 institucional 257  
 local 242  
 meta 243-244, 249-250, 252-254, 291  
 nacional 242  
 nicho de 245  
 objetivo 212, 243-246, 249-254, 289, 291  
 potencial 243-244, 249-250, 252-254, 289

regional 242

segmentación del 245, 249, 255-257

total

método ZOPP 320, 328, 330

micro-localización 293, 294

**O**

organigrama 160-163  
 analítico 161  
 circular 163  
 general 160  
 horizontal 162  
 mixto 163  
 vertical 161  
 organización 16, 31-32, 39-40, 42-44, 46-48, 51-54, 56-63, 69-70, 88, 91, 94, 103-110, 114, 130, 131, 133-139, 141-152, 154-155, 157, 159-161, 163, 166, 173-174, 178-179, 184-186, 190-191, 199-204, 209, 212, 225-226, 236, 238, 246, 257, 259-260, 266, 268, 270, 282, 297, 299, 313, 331, 333  
 lineal 134, 143-145, 149  
 funcional 47, 134, 143, 145-146, 149  
 matricial 143, 149  
 mixta 143, 146  
 horizontal 151  
 por equipos 151  
 en red 151-152

**P**

producto 16, 20, 78-79, 84, 115, 127-128, 149, 155, 158, 177-178, 180, 190, 193, 196, 198, 199, 201-205, 208, 221, 212-219, 221-233, 236-241, 243-248, 250, 252-263, 268-275, 277-278, 284, 288-290, 293, 295, 297-298, 302, 305, 311, 322, 323-324, 334, 337-338, 344-345  
 características del 128  
 ciclo de vida del 230-231  
 diseño de 190  
 jerarquía de 221-222  
 niveles de 215, 216  
 portafolio de 222-223  
 tipos de 222, 224

**R**

rentabilidad 159, 181-182, 225, 256, 258, 289-290  
 responsabilidad 84, 88, 97, 99-100, 122-127, 131, 134, 136-142, 144, 146, 148-149, 151, 153, 161, 174, 182, 185  
 social 88, 100  
 Revolución Industrial 15, 21, 28-29, 31-32, 38, 40-41, 43, 45, 61

**S**

Segunda Revolución Industrial 15, 29, 31-32, 38, 45, 61  
 sistema 31, 40-42, 44, 47, 49-50, 52, 59, 63, 65, 69-71, 76, 83, 88-89, 91, 115, 128, 130-131, 136, 152, 165-175, 178-179, 181, 183, 185, 187, 191-193, 200-201, 260, 266-268, 270, 272, 274, 302, 309, 311, 315, 332  
 empresarial 130, 171-173, 185  
 límites del 172  
*staff* 143, 146-148, 152  
 subsistema 71, 166, 168, 170-175, 178-182  
 de dirección 175, 179-180  
 técnico 172, 175, 180-181  
 comercial 175, 179-181  
 financiero 175, 178-179, 181-182  
 de recursos humanos 182  
 de información 182

**T**

técnica 22, 35, 75-76, 79-81, 88, 117, 149, 201, 209, 236, 292, 298, 316, 328  
 cuantitativa 65  
 tecnología 27, 30, 33, 36, 39, 41, 74-82, 84, 92, 114, 159, 180, 186, 196, 198-208, 211-212, 222, 235-236, 239, 246, 256, 265-269, 274, 291-292, 297-298, 308, 339  
 incorporada 198  
 desincorporada 199  
 blanda 208  
 dura 202  
 de organización 200  
 de mercados 200, 208, 235-236  
 de desarrollo humano 200

de gerencia 201

gestión de 201  
 de sistemas de información 201  
 de salud ocupacional 202  
 de producto 202-203, 211-21, 297  
 de materiales 202-203  
 de proceso 202-203, 265-267  
 de maquinaria 180, 202, 204, 292, 298  
 de producción 202, 204  
 primitiva 205  
 atrasada 206  
 obsoleta 206  
 moderna 36, 206  
 de punta 206  
 modular 207-208  
 complementaria 208  
 periférica 208

tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) 151

teoría general de los sistemas (TGS) 68

**U**

unidades estratégicas de negocio (UEN) 159



## Sobre la autora

CONSTANZA MONTOYA RESTREPO

Ingeniera industrial con Especialización en Administración de Sistemas Informáticos y en Desarrollo de la Capacidad Empresarial. Profesora del Taller de Fundamentos de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, por más de 20 años y de otras asignaturas como Economía General, Organización Industrial, Ingeniería Económica, Creación y Desarrollo de Empresas, entre otras. Autora del libro *Nociones de economía*, con sello editorial de la Universidad Nacional, Sede Manizales, que cuenta con dos ediciones.

Adicional a su experiencia docente, posee una amplia trayectoria en el campo de la gestión universitaria, desempeñándose como directora administrativa y directora de planeación para la Sede Manizales, durante más de 12 años; directora de departamento y directora de la carrera de Ingeniería Industrial, liderando procesos de transformación curricular y acreditación de calidad del programa curricular.

En el campo de la consultoría, se destaca el acompañamiento a un importante número de pequeñas y medianas empresas de la región en materia de organización empresarial y creación de empresas.





---

**Facultad de  
Ingeniería y  
Arquitectura**

---

VIE - Vicedecanatura  
de Investigación y  
Extensión

---

MANIZALES  
2023

**Fundamentos de ingeniería industrial**

Fue editado por la

Editorial Universidad Nacional de Colombia.

El libro se digitalizó en formato PDF enriquecido en septiembre de 2023.

Bogotá, D. C., Colombia.

Esta obra es un excelente material de apoyo para estudiantes de primeros semestres de Ingeniería Industrial, principalmente, por presentar en forma integral la diversidad de conceptos y temáticas que fundamentan la profesión y le permiten entender la empresa desde un enfoque sistémico, con su entorno, dinámica, organización y funcionamiento interno. De este modo accederán a los conocimientos básicos de las principales tecnologías aplicadas, como las tecnologías de producto, de proceso o mercado.

Por lo anterior, en el libro se condensan conceptos, herramientas y enfoques provenientes de libros, autores y documentos de diversa índole, los cuales, unidos a la experiencia de la autora en la orientación del Taller de Fundamentos de la carrera de Ingeniería Industrial, acompañada de profesoras de amplia trayectoria, con doctorado en el área, como las profesoras Diana María Cárdenas y Julia Clemencia Naranjo, hace que se constituya en una obra original por su enfoque, estructura y organización.