

Alejandro Huapaya Bautista

# Proyecto de máquinas (métodos de diseño)



Universidad Nacional de Ingeniería  
Editorial Universitaria

Rector **Dr. Aurelio Padilla Ríos**  
Primer Vicerrector **Geol. José S. Martínez Talledo**  
Segundo Vicerrector **Msc. Ing. Walter Zaldívar Álvarez**

Primera edición, diciembre de 2012

**Proyecto de máquinas (métodos de diseño)**

Impreso en el Perú / Printed in Peru

© Alejandro Huapaya Bautista  
Derechos reservados

© Derechos de edición

Universidad Nacional de Ingeniería  
Editorial Universitaria



Av. Túpac Amaru 210, Rímac – Lima  
Pabellón Central / Sótano  
Telfs. 4814196 / 4811070 anexo 215  
Correo-e: eduni@uni.edu.pe  
Jefe EDUNI: Prof. Álvaro Montaña Freire  
Coordinador Editorial: Nilton Zelada Minaya

Impreso en la Imprenta de la Editorial Universitaria de la  
Universidad Nacional de Ingeniería

ISBN 978-612-4072-36-9

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú

Nº 2012-12185

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio,  
total o parcialmente, sin permiso expreso del autor.

*Ingeniero es el que diseña máquinas...  
no el que se dice ser ingeniero.*

Alejandro Orlando Huapaya Bautista



# Índice

Resumen.....	XVII
Abstract.....	XVIII
Introducción.....	XIX
CAPÍTULO 1	
Generalidades.....	1
1.1 Diseño en ingeniería.....	1
CAPÍTULO 2	
El proceso de diseño.....	3
2.1 Generalidades.....	3
2.2 Significado del término diseño.....	4
2.3 Diseño mecánico-industrial.....	6
2.4 Fases del proceso de diseño.....	6
CAPÍTULO 3	
Reconocimiento de la necesidad.....	9
3.1 Generalidades.....	9
3.2 Identificación de problemas relacionados con el cliente.....	10
3.3 Desarrollo del enunciado de un problema.....	13
CAPÍTULO 4	
Definición del problema.....	15
4.1 Generalidades.....	15
4.2 Estudio de casos.....	19
4.3 Herramienta metodológica aplicada a la definición del problema.....	28
4.3.1 Lluvia de ideas.....	28
4.3.1.1 Permite.....	29
4.3.1.2 Campo de aplicación.....	30
4.3.1.3 Modo de empleo.....	30
4.3.1.4 Principios básicos.....	31
4.3.1.5 Decálogo del buen “brainstormiano”.....	32

4.3.1.6 ¿Qué se necesita en una tormenta de ideas?	33
4.3.1.7 Reglas para generar una tormenta de ideas	36
4.3.1.8 Etapas de una tormenta de ideas	37
4.3.1.9 El papel del moderador de la reunión	38
4.3.1.10 La segunda tormenta de ideas	40
4.3.1.11 Cómo completar la tormenta de ideas	40
4.3.1.12 Dificultades en las tormentas de ideas	41
4.3.1.13 Variantes de la tormenta de ideas	42
4.3.1.14 Aplicaciones de la lluvia de ideas	52

## CAPÍTULO 5

Análisis del problema	57
5.1 Generalidades	57
5.2 Etapas del análisis de un problema	58
5.3 Entrada y salida	59
5.4 Variables de solución	60
5.5 Restricciones	61
5.6 Criterios	61
5.7 Uso y volumen de producción	62
5.8 Caso de estudio	63
5.9 Herramientas metodológicas aplicadas al análisis del problema	70
5.9.1 Diagrama de afinidad	70
5.9.1.1 Uso del diagrama de afinidad	71
5.9.1.2 Elaboración de un diagrama de afinidad	71
5.9.1.3 Aplicaciones del diagrama de afinidad	74
5.9.2 Diagrama de causa y efecto	78
5.9.2.1 ¿Por qué utilizar el diagrama de causa y efecto?	79
5.9.2.2 Estructura de un diagrama de causa y efecto	79
5.9.2.3 Pasos a seguir para elaborar un diagrama de causa y efecto	81
5.9.2.4 Interpretación del diagrama de causa y efecto	85
5.9.2.5 Cuidados a tener con el diagnóstico a través del diagrama de causa y efecto	86
5.9.2.6 Notas importantes sobre los diagramas de causa y efecto	87
5.9.3 Encuesta	88
5.9.3.1 Orientaciones para elaborar el cuestionario de una encuesta	88
5.9.3.2 Uso de la encuesta	89
5.9.3.3 Aplicaciones de las encuestas	89
5.9.3.4 Reglas para elaborar encuestas	92
5.9.3.5 Sugerencias útiles	93
5.9.4 Despliegue de la función de calidad (Quality Function Deployment: QFD)	94
5.9.4.1 Beneficios	97

5.9.4.2 Resultados .....98  
 5.9.4.3 Aplicaciones .....98  
 5.9.4.4 Dificultades en el diseño de nuevos productos .....99  
 5.9.4.5 Método del QDF .....100  
 5.9.4.6 Pasos a seguir para elaborar un QDF .....101  
 5.9.4.7 Aplicación del QFD .....111

CAPÍTULO 6

Búsqueda de soluciones .....121  
 6.1 Generalidades .....121  
 6.1.1 Guías para el desarrollo de soluciones alternativas .....122  
 6.2.1 Algunos conceptos de triz .....125  
 6.2.2 Niveles de innovación .....125  
 6.2.3 Algunos principios de triz .....127  
 6.2.4 ¿Quiénes están usando triz? .....127  
 6.2.5 Algunos resultados con triz .....129  
 6.2.6 Opiniones sobre triz .....129  
 6.3 Herramientas metodológicas aplicadas a la búsqueda de soluciones .130  
 6.3.1 Matriz de pesos ponderados .....130  
 6.3.1.1 Pasos para la elaboración de la matriz de pesos ponderados .....131  
 6.3.1.2 Aplicación de la matriz de pesos ponderados .....132  
 6.3.2.1 Pasos para elaborar la matriz morfológica .....134  
 6.3.2.2 Selección de soluciones .....135  
 6.3.2.3 Aplicaciones de la matriz morfológica .....136

CAPÍTULO 7

Decisión .....139  
 7.1 Generalidades .....139  
 7.2 El proceso de toma de decisiones .....140  
 7.3 Características de un problema de toma de decisiones .....140  
 7.4 Objetivos en las decisiones en ingeniería .....141  
 7.5 Factores importantes en las decisiones en ingeniería .....142  
 7.5.1 Factores de recursos .....142  
 7.5.2 Factores técnicos .....143  
 7.5.3 Factores humanos .....144  
 7.6 Procedimiento para la toma de decisiones .....145  
 7.7 Caso de estudio .....147  
 7.8 Proceso general de toma de decisiones .....149

CAPÍTULO 8

Especificación .....151  
 8.1 Generalidades .....151

8.2 Cálculos .....	151
8.3 Herramientas de cálculo .....	158
CAPÍTULO 9	
Planos.....	159
9.1 Generalidades .....	159
9.2 Diseño para la manufactura (design for manufacture: DFM) .....	160
9.2.1 Ventajas del diseño para la manufactura.....	161
9.2.2 Análisis de la manufactura .....	161
9.2.3 Consideraciones para el diseño para la manufactura.....	162
9.2.4 Reglas del diseño para la manufactura.....	162
9.3 Diseño para ensamble (design for assembly: DFA) .....	163
9.3.1 Reglas del diseño para ensamble manual .....	163
9.3.2 Metodología para el cálculo de la eficiencia de ensamble manual....	168
9.3.3 Metodología para el rediseño de productos .....	174
9.4 Aplicación del diseño para ensamble.....	175
9.5 Herramientas de modelación .....	180
Glosario de principales términos especializados .....	183
Referencias bibliográficas .....	187



## Lista de figuras

Figura 2-1. Fases del proceso de diseño. ....	7
Fuente: Resumen de varios autores	
Figura 4-1. Diferentes tipos de problemas. ....	16
Fuente: adaptación de varios autores	
Figura 4-2. Sistema actual de manejar y almacenar alimentos para ganado. ....	20
Fuente: Krick. E. (2005). <i>Introducción a la ingeniería y al diseño en ingeniería</i> , p. 123	
Figura 4-3. Formulaciones alternativas del problema de alimentos para ganado. .	22
Fuente: Krick. E. (2005) <i>Introducción a la ingeniería y al diseño en ingeniería</i> , p.125	
Figura 4-4. Informe descendente de ingresos de la empresa AH & Ingenieros Asociados SAC. ....	27
Fuente: Elaboración propia	
Fuente: Adaptación de varios autores	
Figura 4-5. Basural de llantas viejas. ....	55
Fuente: <a href="http://www.quiminet.com/ar5/ar_vcdarmarmAAass-la-utilidad-de-las-llantas-viejas-el-compromiso-de-gnr-con-usted-y-la-ecologia.htm">http://www.quiminet.com/ar5/ar_vcdarmarmAAass-la-utilidad-de-las-llantas-viejas-el-compromiso-de-gnr-con-usted-y-la-ecologia.htm</a>	
Figura 5-1. Contenidos básicos de la caja frigorífica en un camión. ....	59
Fuente: Elaboración propia	
Figura 5-2. Etapa de análisis del problema. ....	64
Figura 5-3. Estados A y B en el análisis de un problema. ....	64
Figura 5-4. Análisis del problema de la máquina lavadora de ropa. ....	65
Figura 5-5. Una aplicación del diagrama de afinidad. ....	75
Fuente: <a href="http://www.buenastareas.com/ensayos/Siete-Herramientas-Administrativas/1611069.html">http://www.buenastareas.com/ensayos/Siete-Herramientas-Administrativas/1611069.html</a>	
Figura 5-6. Una aplicación del diagrama de afinidad. ....	76
Fuente: Adaptación de varios autores.	
Figura 5-7. Una aplicación del diagrama de afinidad. ....	77
Fuente: <a href="http://sigc.uqroo.mx/Manuales/Institucional/Procedimientos/Secretaria%20General/Gestion%20Calidad/DGC-001/Metodologias/Afinidad.pdf">http://sigc.uqroo.mx/Manuales/Institucional/Procedimientos/Secretaria%20General/Gestion%20Calidad/DGC-001/Metodologias/Afinidad.pdf</a>	
Figura 5-8. Gráfica de causa y efecto. ....	78
Fuente: adaptado de <a href="http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php">http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php</a>	
Figura 5-9. El problema. ....	82
Fuente: adaptado de <a href="http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php">http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php</a>	

Figura 5-10. La espina principal.....	82
Fuente: adaptado de <a href="http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php">http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php</a>	
Figura 5-11. Principales causas o espina de pescado. ....	83
Fuente: adaptado de <a href="http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php">http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php</a>	
Figura 5-12. Principales “causas” según un orden.....	83
Fuente: adaptado de <a href="http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php">http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php</a>	
Figura 5-13. Causas de primer nivel.....	83
Fuente: adaptado de <a href="http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php">http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php</a>	
Figura 5-14. Causas de segundo nivel.....	84
Fuente: adaptado de <a href="http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php">http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php</a>	
Figura 5-15. Causas de tercer nivel.....	84
Fuente: adaptado de <a href="http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php">http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php</a>	
Figura 5-16. Diagrama de causa y efecto completo.....	86
Fuente: adaptado de <a href="http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php">http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php</a>	
Figura 5-17. Despliegue de la función de calidad (QFD). ....	102
Fuente: Adaptación de varios autores	
Figura 5-18. Relación entre los requerimientos ingenieriles (CÓMOS) y los del cliente (QUÉS). ....	107
Fuente: Adaptación del software <i>QFD Designer</i> de la compañía norteamericana <i>QualiSoft</i>	
Figura 5-19. Percepción del cliente sobre nuestro producto.....	108
Fuente: Adaptación del software <i>QFD Designer</i> de la compañía norteamericana <i>QualiSoft</i>	
Figura 5-20. Relación entre los cómo y los cuántos.....	110
Fuente: Adaptación del software <i>QFD Designer</i> de la compañía norteamericana <i>QualiSoft</i>	
Figura 5-21. Importancia del consumidor.....	113
Fuente: Elaborado por el autor	
Figura 5-22. Relación entre QUÉS y CÓMOS.....	114
Fuente: Elaborado por el autor	
Figura 5-23. Especificaciones generales de los CÓMOS. ....	114
Fuente: Elaborado por el autor	
Figura 5-29. Diseño de un portabebés para bicicleta usando el QFD.....	119
Fuente: Elaborado por el autor	
Figura 6-1. Matriz de pesos ponderados.....	131
Fuente: Elaborado por el autor	
Figura 6-2. Matriz morfológica.....	134
Fuente: Apuntes de clase del curso “Análisis y Diseño del Producto”	
Figura 6-3. Matriz morfológica para el diseño de una nueva mesa para paseos. ....	136
Figura 6-4. Matriz morfológica para el diseño de un nuevo estuche portales. ....	137
Figura 6-5. Matriz morfológica para el diseño de una nueva lámpara. ....	137
Figura 7-1. Dispositivo para montar aros en llantas de automóviles .....	148

Tabla 7-4. Comparación entre el producto a diseñarse y la máquina usada actualmente. ....	149
Figura 8-1. Optimización de una viga de sección variable.....	152
Figura 8-2. Ecuación para la deflexión de la viga en voladizo.....	153
Figura 8-3. Solución de una viga de sección variable.....	157
Figura 9-1. Eliminación de conductos. ....	164
Figura 9-2. Eliminación de ajustes. ....	165
Figura 9-3. Las partes caen en su lugar sí el diseño es adecuado.....	166
Figura 9-4. Asegurarse de que la pieza pueda alcanzar su pareja con facilidad..	166
Figura 9-5. Asegúrese de que exista acceso adecuado para el acomodo de la pieza.	167
Figura 9-6. Hoja de trabajo para diseño de ensamble manual.....	170
Fuente: Traducción de <i>Product Design for Manufacture and Assembly</i> de Geoffrey Boothroyd y Peter Dewhurst (2011), 3ra. Ed	
Figura 9-7. Bocina para automóvil a rediseñar.....	175
Figura 9-8. Dibujo explosionado del mecanismo de bocina para autos. ....	176
Figura 9-9. Eficiencia de ensamble de la bocina actual para autos. ....	178
Figura 9-10. Subensamble del rediseño del mecanismo de bocina para autos. ....	180
Figura 9-11. Eficiencia de ensamble del rediseño de la bocina para autos. ....	181



*A mis hijos  
Almendra, David y Pedro  
que son lo mejor  
que he tenido en mi vida  
y constituyen la razón  
de seguir avanzando;  
y a mi amada esposa  
Rosa María.*



## **Resumen**

El objetivo del presente libro es proporcionar a los ingenieros, estudiantes y toda persona relacionada con el diseño y/o proyecto de máquinas, herramientas metodológicas que les permita abordar de una manera sistemática y ordenada la etapa de la ingeniería del proyecto, es decir, el proceso de diseño.

Para ello se han usado una serie de herramientas, desde la más sencilla, como es la lluvia de ideas hasta la más detallada, como es el QFD o el diseño para ensamble.

Los resultados de la aplicación de estas herramientas se presentan al término de cada capítulo, mediante casos en los cuales se plantean problemas resueltos.

Finalmente, creemos que este libro puede servir de base como un libro texto para las diversas universidades e instituciones educativas relacionadas con las carreras tecnológicas y de ingeniería.

## **Abstract**

The objective of the present book is to provide the engineers, students and every related person to the design and/or project of machines, methodological tools that allow them to approach of a systematic way and ordinate the stage of the engineering of the project, that is to say, the process of design.

For it one has used a tool series, from the easiest, as it is the brainstorming until the most detailed, as it is the QFD or the design for assembly.

The results of the application of these tools appear to the term each chapter, by means of cases in which problems consider that are solved.

Finally, one concludes that this book can serve basic as a book text for the diverse universities and institutions related to the technological races and of engineering.



# Introducción

Este libro está dedicado a toda aquella persona que se dedica o piensa dedicarse al diseño mecánico-industrial.

Los libros relacionados con los puntos tratados aquí son escasos y no tienen todos los capítulos que se abordan en este libro.

Los estudiantes no cuentan con una fuente bibliográfica que les permita profundizar los conocimientos aprendidos para aplicarlos en el diseño de los diversos productos vinculados a su especialidad. Es entonces que surgió la idea de realizar este libro. Al paso de los años, esta idea se hizo realidad. Para ello, he tomado como base lo aprendido en el diplomado “Diseño y Análisis del Producto” que hice en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey ITESM, más conocido como el TEC de Monterrey, México y la experiencia profesional vivida. Es así que en algunos capítulos pongo como ejemplo los trabajos que realicé en dicho diplomado.

Por otro lado, por ética y por derechos del cliente, me he abstenido de utilizar los trabajos que me tocó realizar a través de los años de mi carrera profesional, salvo el *diseño del mecanismo de izaje para materiales de construcción*, en el cual se aplica la *matriz de pesos ponderados*, que es un aporte del autor.

He tratado que esta obra sea lo más autoeducativa posible. De tal manera que el docente quede relevado de muchas explicaciones tediosas sobre detalles pequeños y pueda dedicarse a enseñar los principios más importantes de una manera efectiva y aplicarlos mediante ejemplos prácticos.

Cada capítulo trata de un aspecto diferente del proceso de diseño. En el primero se plantean las generalidades y se muestra lo que es el diseño tradicional y el diseño actual. El capítulo dos muestra las etapas del proceso de diseño que utiliza un buen grupo de diseñadores. En los siguientes capítulos, se abordan estas etapas con sumo detalle.

El capítulo tres está abocado al reconocimiento de la necesidad de un problema. Normalmente nos encontramos ante una problemática, mas no sabemos en realidad cuál es el problema. Sabemos que algo no anda bien, pero no sa-

bemos cuál es la probable causa que lo está produciendo. Este capítulo trata sobre estos detalles.

El capítulo cuatro trata sobre la definición del problema. Es la siguiente etapa al reconocimiento de la necesidad. Aquí se aplican algunas herramientas metodológicas que ayudan a establecer esta definición.

El análisis del problema se detalla en el capítulo cinco. En esta parte se aplica una serie de herramientas que ayudan a abordar esta etapa del proceso de diseño. Según el caso que tenga que resolver el lector, verá cuál de estas deberá aplicar a su caso en particular.

El capítulo seis está referido a la búsqueda de soluciones. Aquí se propone la herramienta denominada *Matriz de pesos ponderados*, que como ya se mencionó, es un aporte del autor, la cual puede ser de utilidad en esta búsqueda.

El capítulo siete corresponde a la etapa de decisión. Para ello, se propone una forma simplificada y práctica de la *toma de decisiones*.

El capítulo ocho está relacionado con la parte de cálculos requeridos para lo que se pretende diseñar.

Al capítulo nueve se le ha denominado *Planos*, pero no necesariamente trata sobre ello. En ésta última parte del libro, se calcula la eficiencia de ensamble para ver qué valor tiene. De resultar con un valor pequeño, implicará que deberá revisarse el diseño para hacer las correcciones correspondientes que permitan elevar esta eficiencia.

Como todo material que sale a la luz, esta obra no se encuentra exenta de errores, a pesar de la revisión detenida de su contenido. De haberlos, agradeceré se sirvan enviarme las indicaciones respectivas a los siguientes correos electrónicos: [ahuapaya1@uni.edu.pe](mailto:ahuapaya1@uni.edu.pe) y [ahuaba24@gmail.com](mailto:ahuaba24@gmail.com), para su corrección en ediciones posteriores.

Alejandro Orlando Huapaya Bautista

# CAPÍTULO 1

## Generalidades

### 1.1 Diseño en ingeniería

Según el diseño tradicional en ingeniería, para diseñar un producto cualquiera hay que responder a las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuál es su geometría?
2. ¿Está sometido a cargas? Si es así, ¿qué cargas, de qué magnitud y en qué puntos actúan sobre él?
3. ¿Qué tipos de esfuerzos inducen dichas cargas?
4. ¿Qué material se empleará para construirlo?
5. ¿Cómo se relaciona la resistencia del material con los esfuerzos inducidos?
6. ¿Cómo se fabricará dicho elemento?

Una vez dada respuesta a cada una de estas preguntas, y el producto puesto en el mercado, descubrimos que no satisface plenamente los requerimientos de los usuarios, obtiene una demanda por debajo de la esperada.

Por ello, el desarrollo de nuevos productos se ha convertido en un factor clave para lograr el éxito de una empresa.

Si en los años noventa todos los esfuerzos se centraban en reducir el ciclo de fabricación y en implantar sistemas de producción flexibles el nuevo siglo ha venido acompañado de un cambio de perspectiva y una preocupación por el proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos. Y más concretamente, por la reducción del tiempo empleado en el diseño y desarrollo de nuevos productos con la aceptación de los clientes.

Por lo tanto, el desarrollar nuevos productos en poco tiempo para que estén cuanto antes disponibles en el mercado se convierte en una de las principales preocupaciones de las empresas actuales.

La importancia concedida al tiempo de desarrollo de nuevos productos, como factor de ventaja competitiva, ha motivado que una de las principales preocupaciones de los encargados de gestionar dicho proceso sea el encontrar una serie de herramientas que ayuden a reducir dicho tiempo. Básicamente, se ha llegado a determinar que esto se logra, aplicando nuevas herramientas metodológicas a la fase del proceso de diseño del producto.

En el diseño actual, además de lo mencionado y como primera interrogante, se toma en cuenta los requerimientos del cliente, lográndose con ello el diseño de un producto de acuerdo a lo que el cliente quiere, satisfaciéndose holgadamente la demanda estimada.

Teniendo presente lo antes mencionado, se preparó este libro, para que el diseñador o el estudiante de ingeniería proyecten sus productos con la seguridad de que tendrán la aceptación de los usuarios y/o clientes potenciales. Asimismo, puedan llenar ese vacío que nos deja la ingeniería de proyectos, ya que esta se centra básicamente en el estudio del mercado y el análisis económico, y no nos proporciona las herramientas apropiadas para desarrollar la ingeniería del diseño. Es decir, aquí encontrarán las herramientas metodológicas necesarias para desarrollar la etapa del proceso de diseño de una máquina o producto.

Por otro lado, no existe un único camino que nos lleve a una solución óptima o adecuada. Los expertos y estudiosos no se ponen de acuerdo. Es por ello que en la diversa bibliografía encontramos una variedad de herramientas metodológicas para desarrollar el proceso de diseño de máquinas y/o productos. Por todo lo mencionado, aquí se propone un camino que ha dado buenos resultados.

El lector verá *a posteriori* si estas metodologías le sirvieron en el problema que estuvo tratando de resolver. De ser así, quedará agradecido y verá que valió el esfuerzo que se hizo en sacar esta obra a la luz.

## CAPÍTULO 2

# El proceso de diseño

### 2.1 Generalidades

Piense por un momento en un proceso lógico de abstracción que tiene que ver con racionalizar y organizar información para crear una idea, un concepto o llevar a cabo algo; es decir, materializar esa idea. Pensar y analizar forman parte de un proceso que hoy día se conoce como diseñar. Diseñar es un proceso sistémico para llegar a un fin: crear.

Crear es concebir. Pero en el mundo del diseño no se concibe como inspiración divina; se trata de un proceso complejo compuesto de diversas etapas en las que se analiza, sugiere, desecha, retorna, corrige, se afinan detalles, se prueba y se decide. Esta decisión constituirá el producto que usted tendrá en sus manos. Las decisiones en el proceso de diseño se habrán tomado con base en la funcionalidad –y estética, en ciertos casos– de aquello que se diseña. Las cosas funcionan gracias a ese proceso.

Se diseña especialmente para ciertos sectores, porque no todos pensamos igual ni tenemos los mismos gustos, y tampoco requerimos de la misma información. Nuestras necesidades son diferentes.

Por otro lado, el proceso de diseño abarca las actividades y eventos que transcurren entre el reconocimiento de un problema y la especificación de una solución del mismo, y que esta alternativa de solución sea funcional, económica y satisfactoria de algún modo. Es importante destacar el hecho de que es un proceso que debe ir encaminado a cubrir cierta necesidad.

El proceso de diseño es una guía general de los pasos que pueden seguirse para dar al diseñador o proyectista cierto grado de dirección para la solución de problemas.

Los diseñadores emplean un gran número de combinaciones de pasos y procedimientos de diseño, pero no se puede decir que exista una combinación óptima. Tampoco el seguir las reglas estrictas del diseño asegura el éxito del proyecto que se pretende realizar, y aun, puede inhibir al diseñador hasta el punto de restringir su libre imaginación. A pesar de esto, se cree que el proceso de diseño es un medio efectivo para proporcionar resultados organizados y útiles.

Por lo tanto, el diseño es un ejercicio de creatividad e innovación en el que se integran numerosas disciplinas y donde es innegable el papel fundamental que juega la experiencia del diseñador. Además, el proceso de diseño y sus posibles implicaciones, no acaban con la fabricación del producto, sino que se extienden a lo largo del ciclo de vida del mismo. Debe recalcarse que el proceso de diseño no es lineal y una de sus características fundamentales es su obligada interactividad entre sus diversas partes.

## 2.2 Significado del término diseño

El concepto de diseño es una idea reciente. Fue en 1920 cuando J. Sinel utilizó la palabra diseño por vez primera. Pero no fue hasta 1940, cuando Raymond Loewy<sup>1</sup> dibujó el paquete de tabaco *Lucky Strike*, el momento que los estudiosos de la historia del diseño consideran como el nacimiento del diseño industrial.

Lo más importante que aporta la idea del diseño es que se lleva a cabo a partir de una forma renovada de ver el mundo y una nueva manera de interpretar las necesidades que presenta. Detrás de cada producto diseñado hay una reflexión sobre la realidad que, en mayor o menor medida, consiste en una reinterpretación de las necesidades, los deseos, los gustos y los anhelos de los clientes.

Diseñar, en términos ingenieriles, es formular un plan para satisfacer una demanda humana. La necesidad particular que habrá de satisfacerse puede o no estar completamente definida desde el principio; de no estar completamente definida, habrá que replantearla para enunciarla con claridad como un problema que exige solución. A continuación, se presentan dos ejemplos en los cuales las necesidades están bien definidas.

1. ¿Cómo pueden diseñarse grandes centrales eléctricas en forma segura y económica sin utilizar combustibles fósiles y sin perjudicar la superficie terrestre?

---

1 Loewy, R. (5 de noviembre de 1893 - 14 de julio de 1986) fue uno de los diseñadores industriales más conocidos del siglo XX. Nació en Francia, pero desarrolló casi toda su carrera profesional en los Estados Unidos, donde tuvo una influencia muy importante en incontables aspectos de la vida estadounidense.

2. Este mecanismo de poleas está causando problemas y ha sufrido seis desperfectos en las últimas cuatro semanas. Hágase algo al respecto.

En los dos ejemplos siguientes, el enunciado de la necesidad es confuso e indefinido, por tanto, necesitan ser replanteadas.

1. Muchísimas personas perecen en accidentes aéreos.
2. En las grandes ciudades, hay demasiados automóviles en las calles y las autopistas.

Por otro lado, en comparación con los problemas matemáticos o puramente científicos, los problemas de diseño no tienen una sola respuesta en todos los casos; por ejemplo, sería absurdo exigir la *“respuesta correcta”* a un problema de diseño, porque no existe tal cosa. En efecto, una respuesta que es adecuada o *“buena”* hoy, puede ser una solución impropia o *“mala”* el día de mañana; ya sea porque se produjo una evolución de los conocimientos durante el lapso transcurrido, o bien, porque han ocurrido cambios en la sociedad o en las estructuras sociales.

Casi todo el mundo interviene en un diseño de una u otra forma, incluso en la vida diaria, puesto que siempre se presentan problemas y casos que deben ser resueltos. Considérese el diseño del plan de vacaciones de una familia limeña. Puede haber cinco lugares a donde ir, situados a diferentes distancias del punto de residencia. El costo del transporte es diferente para cada caso y algunos de los viajes requieren hacer escala en el camino. Quizá a los niños les guste ir al campo o a la playa. La esposa preferiría tomar un tour a los *Baños del Inca* en Cajamarca o a Machu Picchu en el Cuzco. El jefe de familia tal vez prefiera ir a Naplo de pesca porque es aficionado a ella.

Cuando estas necesidades y deseos se relacionan con el tiempo y el dinero, es posible plantear varias soluciones. De estas, puede haber una o más soluciones óptimas o no haberlas. Pero la solución elegida incluirá la ruta de viaje o itinerario, las escalas, el tipo de transporte, el nombre y ubicación de los lugares, hoteles, campamentos u otros sitios de alojamiento. No es difícil observar que se tiene un gran número de complejos factores interrelacionados que influyen en la obtención de la mejor solución al problema del diseño de un plan de vacaciones.

Todo problema de diseño siempre está sujeto a determinadas restricciones para su resolución. Por ejemplo, en el caso de las vacaciones, el tiempo y el dinero disponibles serían dos elementos restrictivos. Nótese también que además existen restricciones en la solución. En el citado ejemplo, podrían ser los deseos y preferencias de los miembros de la familia. Finalmente, la solución obtenida para un problema de diseño podría ser la óptima. Tal solución

en este caso habrá sido obtenida cuando toda la familia exprese en forma unánime su agrado al regreso de sus vacaciones.

Un problema de diseño *no* es un problema hipotético en absoluto. Todo diseño tiene un propósito concreto: *la obtención de un resultado final al que se llega mediante una acción determinada o por la creación de algo que tiene realidad física.*

En la técnica o en la ingeniería, el término *diseño* puede tener diferentes significados para distintas personas. Algunos consideran al diseñador como el técnico que dibuja en todos sus detalles una máquina o un elemento de esta. Otros creen que el diseño es la creación de algo complejo, como una red de comunicaciones.

En algunas ramas de la ingeniería, el término *diseño* ha sido sustituido por denominaciones como *proyectos en ingeniería mecánica*, *ingeniería de sistemas*, *aplicación de la toma de decisiones*, entre otras. Pero no importa qué palabras se usen para describir la función de diseñar; en ingeniería es también el proceso en el que se utilizan principios científicos y métodos técnicos (matemáticos, computacionales, gráficos y lenguaje común) para llevar a cabo un plan que satisfaga cierta necesidad o demanda.

### 2.3 Diseño mecánico-industrial

El *diseño mecánico-industrial* es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica: máquinas, maquinarias, equipos, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. En su mayor parte, el diseño mecánico-industrial hace uso de las matemáticas, la ciencia de los materiales, la mecánica aplicada y la resistencia de materiales.

El *diseño en las ingenierías mecánica, mecánica-eléctrica, mecatrónica e industrial* incluye el diseño mecánico-industrial, pero es un estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de estas ingenierías, incluyendo, entre otras, las ciencias térmicas y de los fluidos. Aparte de las ciencias fundamentales que se requieren, las bases del diseño en ingeniería son las mismas que las del diseño mecánico-industrial.

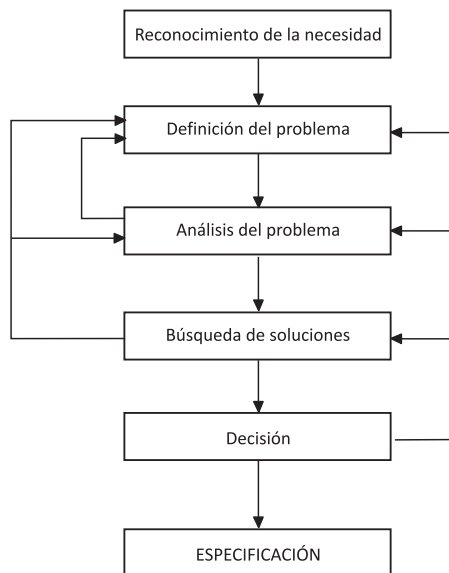
### 2.4 Fases del proceso de diseño

¿Cómo empieza el proceso de diseño? ¿Simplemente llega el diseñador a su escritorio y se sienta ante una hoja de papel en blanco y se pone a escribir o bosquejar algunas de sus ideas? ¿Qué hace a continuación? ¿Qué factores determinan o influyen en las decisiones que se deben tomar? Por último, ¿cómo termina este proceso de diseño?



No todos los estudiosos, tales como Hubka y Eder<sup>2</sup>, Pugh<sup>3</sup>, Pahl y Beitz<sup>4</sup>, French<sup>5</sup>, Chakrabarti y Bligh<sup>6</sup>, Alcaide, Diego y Artacho<sup>7</sup>, entre otros, se ponen de acuerdo en las fases que intervienen en un proceso de diseño, debido a que plantean diversos caminos y con una variedad de herramientas metodológicas, y todos llegan a la obtención de un buen diseño o rediseño del producto y/o servicio.

Sin embargo, un buen grupo de estos diseñadores describe el proceso de diseño (desde que empieza hasta que termina) como el que se muestra en la figura 2-1. Según lo indicado en esta figura, el proceso de diseño se inicia con la identificación de una necesidad y con una decisión de hacer algo al respecto. Después de hacer muchas iteraciones, el proceso de diseño finaliza con la presentación de los planes para satisfacer tal necesidad, que generalmente son dibujos plasmados en planos para su ejecución o fabricación del producto.



**Figura 2-1. Fases del proceso de diseño.**

Fuente: Resumen de varios autores.

- 2 Hubka, V. & Eder, W. (1992). *Engineering Design General Procedural Model of Engineering Design*.
- 3 Pugh, S. (1991). *Total Design. Integrated methods for Successful Product Engineering*. Addison-Wesley.
- 4 Pahl, G. & Beitz, W. (1995). *Engineering Design*. Springer-Verlag.
- 5 French, M. J. (1999). *Conceptual Design for Engineering*. London, The Design Council.
- 6 Chakrabarti, A. y Bligh, T. (1996). *An Approach to functional synthesis of mechanical design concepts: Theory, applications and emerging research issues*. *Artificial Intelligence for Engineering Design and Manufacture*. 10, pp. 313-331.
- 7 Alcaide, J., Diego, J. y Artacho, M. (2001a). *Diseño de Producto. El Proceso de Diseño*. Valencia, Ediciones UPV.

Hacemos la observación que no necesariamente lo indicado aquí es el camino más adecuado, porque hay, como ya se mencionó líneas arriba, más de uno y además con diversas herramientas metodológicas para el diseño de un producto; no obstante, la experiencia dice que los pasos señalados aquí, nos llevan a un diseño apropiado.

En las siguientes secciones, se examinará al detalle estos pasos del proceso de diseño indicados aquí.