

MANUAL DE APLICACIÓN PARA EL CORRECTO USO DE METODOLOGÍAS DE SELECCIÓN DE MATERIALES DENTRO DEL PROCESO DE DISEÑO MECÁNICO.

JESSICA ALEJANDRA VALBUENA ARIAS

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGA EN MECÁNICA

DIRECTOR

ING. VÍCTOR RUIZ ROSAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD TECNOLÓGICA  
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ  
2018

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	3
1. PROBLEMÁTICA	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
2. FUNDAMNTOS TEORICOS	7
2.1. MARCO TEORICO	7
2.2. ESTADO DEL ARTE	11
3. DESARROLLO DEL POYECTO	14
3.1. IDENTIFICACION DE METODOLOGIAS	14
3.2. MATERIAL DE APOYO	15
3.3. DETERMINACION CASOS DE ESTUDIOS/EJEMPLOS	15
3.4. GUIA FINAL	18
4. EVALUACION MATERIAL DE APOYO	22
5. CONCLUSIONES	23
BIBLIOGRAFIA	24
ANEXOS	
ANEXO A	25
ANEXO B	30

## INTRODUCCIÓN

Dentro del desarrollo evolutivo del ser humano, se han destacado materias primas que han marcado eras de desarrollo tecnológico para el hombre, paralelamente al avance evolutivo del ser humano conlleva a desarrollar nuevos materiales capaces de adaptarse y suplir las necesidades que se encuentran en demanda dentro de la sociedad. Por esta razón a través del tiempo se observa cómo nace la ciencia de los materiales y cobra gran importancia dentro de los espacios académicos e investigativos globalmente.

Al inspeccionar el estado académico de la ciencia de los materiales a nivel de desarrollo dentro de la universidad Distrital FJDC se evidencia como algunas ramas de esta ciencia son exploradas, sin embargo, dentro de la ciencia de los materiales existen ramificaciones teóricas orientadas a explicar un proceso práctico, es por esta razón que se busca una apropiación a nivel académico en el campo de la selección de materiales como parte de una de estas subdivisiones. En consecuencia, se centra el proyecto de grado en consignar la información adquirida a través de recursos académicos disponibles sobre la selección de materiales y en la elaboración de un material académico que se ejecute dentro de la temática de la ciencia de materiales y se desarrollen habilidades complementarias dentro de la división de diseño que se desenvuelvan en el proceso académico del ingeniero mecánico.

# 1. PROBLEMÁTICA

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad una vasta cantidad de los avances que se generan a nivel de ingeniería, y específicamente en la rama de la mecánica para el área de diseño, se desarrollan en la investigación de materiales nuevos que cumplan óptimamente las funcionalidades que demanda la industria y a su vez cumplan con el propósito de innovar y mejorar la practicas y el desarrollo de proyectos de diseño en todas las áreas en que se desempeñan en la industria. Partiendo de esto para sacar provecho de los avances investigativos actuales se debe realizar dentro del proceso de diseño una correcta selección de materiales dando uso a las metodologías ya establecidas para este fin, para garantizar que las piezas o los procesos realizados cumplan su función a cabalidad o se ajusten a las necesidades del diseño. En este orden de ideas si se realiza un correcto proceso de clasificación y selección de materiales a la hora de encaminar un proyecto, durante el proceso de diseño se podrían considerar y solventar todos los menesteres que aquejen la aplicación en desarrollo teniendo en cuenta aspectos alternos que no solo benefician la utilidad, sino el costo y la sostenibilidad de cada proyecto. En síntesis, la selección de materiales existe y se aplica en la industria con el objetivo no de crear materiales nuevos sino de generar una optimización de los proyectos de diseño, mejorar y avanzar el desarrollo de dichos proyectos.

Sin embargo en nuestro contexto no se utilizan apropiadamente metodologías orientadas a la selección de materiales para aplicaciones de ingeniería, limitándose a la selección a partir de las propiedades físicas, especialmente las mecánicas, descuidando aspectos importantes mencionados anteriormente como lo son la sostenibilidad, el costo de inversión y de transformación, e incluso la optimización para la función, lo cual se hace necesario en los escenarios de diseño y desarrollo de productos tecnológicos en la actualidad.

El reconocer y desarrollar adecuadamente las actividades involucradas dentro de la selección de materiales como parte de un proceso de diseño, aporta en el mejoramiento de las soluciones obtenidas teniendo en cuenta aspectos que van más allá de lo funcional. El desarrollo de materiales de apoyo que acerquen a los estudiantes a dichas actividades promoverá favorablemente la implementación de la selección de materiales como un ejercicio cotidiano dentro del diseño y a mediano plazo se trasladará este conocimiento a entornos industriales donde su efecto potencial es muy importante.

La selección de materiales involucra diferentes procesos a desarrollar, por lo cual para comenzar se debe establecer la aplicación para así determinar una función y a partir de ella definir qué factores se desean mejorar, esto incluye cuales factores no pueden negociarse

respecto a disminución de cualidades por lo cual se toman como restricciones alrededor de las cuales se trabajan y se aplican las metodologías adecuadas de selección.

## 1.2. OBJETIVO

### 1.2.1. Objetivo general:

Diseñar y desarrollar un material de apoyo sobre el uso de metodologías de selección de materiales dentro del proceso de diseño mecánico.

### 1.2.2. Objetivos específicos:

- Identificar las metodologías de selección de materiales y establecer las condiciones para su uso.
- Diseñar el material de apoyo a partir del reconocimiento de conceptos y actividades involucradas en la selección de materiales.
- Desarrollar el material de apoyo mediante la aplicación de la selección de materiales en el diseño de sistemas mecánicos previamente definidos.
- Realizar una validación del material de apoyo con usuarios potenciales.

## 1.3. JUSTIFICACIÓN:

La aplicación de la selección de materiales actualmente se despliega en torno a la búsqueda de un aval ambiental para los procesos que se realizan, es decir que su desarrollo y manufactura sean sustentables, de esta manera se pretende aprovechar el uso de materiales alternativos que sean favorables para el medio ambiente, ayudar al planeta es el objetivo; desarrollando su importancia en un entorno más específico dentro de la industria su aplicación no solo da resultados ambientales, sino que a su vez genera beneficios respecto a los costos y las ganancias, incluso aporta a la innovación y al crecimiento dentro del entorno industrial en el cual se desempeña; de esta manera la selección de material puede generar una proyección favorable para las industrias. Además, la ganancia no solo aporta en la industria ya que la identificación, entendimiento y uso de la selección de materiales puede generar la formación de capacidades avanzadas y específicas de los estudiantes, las cuales dan un valor

agregado para el perfil que manejaran laboralmente dichos estudiantes; el poder desempeñar bien una determinada acción podría generar mejoras en muchos más aspectos a largo plazo. Realizando un enfoque más personal el desarrollo del trabajo de grado y la aplicación que se pretende realizar no solo aporta en las capacidades académicas propias, sino que a su vez genera una concientización respecto a los procesos de enseñanza que se evidencian en el entorno universitario y cómo es posible usar los conocimientos teóricos y prácticos para logara pequeñas mejoras a corto plazo en un grupo determinado de la población.

## 2. FUNDAMENTOS TEORICOS

### 2.1. MARCO TEÓRICO

El diseño en general consiste en la satisfacción de una necesidad específica en un entorno específico a través de un plan de trabajo; dicho proceso debe ser innovador e iterativo, por lo cual es necesario trabajar con toda la información que se le suministra siendo selectivos respecto a que información tiene mayor prioridad o utilidad.

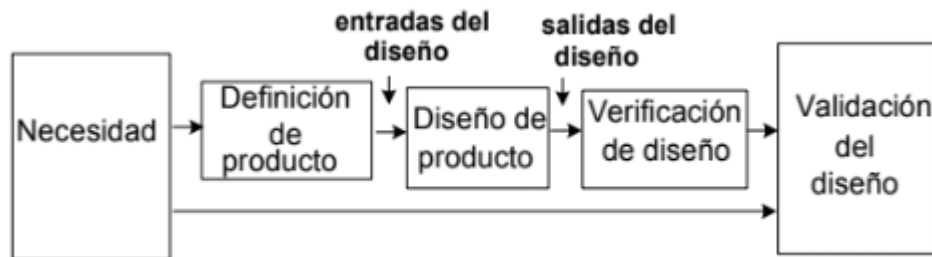


Imagen 1 Diagrama de flujo proceso de diseño

Partiendo de esto como cualquier plan de trabajo consta de ciertas fases o pasos a cumplir para llegar a un diseño o producto final (*Imagen 1*); como se mencionó anteriormente todo parte de querer cumplir una necesidad y a partir de esto se despliegan fases generales dentro del proceso de diseño (Budynas, 2008):

- I. Definir especificaciones.
- II. Crear conceptos de diseño.
- III. Toma de decisiones.
- IV. Diseño detallado.
- V. Evaluación.

La fase I es reconocer la necesidad para poder definir las mejoras que se pueden realizar con el fin de compensar dicha necesidad, por lo cual se establecen especificaciones de diseño, todo lo conveniente a aspectos físicos y características generales como la vida útil del producto y las condiciones que necesitaría para su correcto funcionamiento, pero a su vez define las restricciones iniciales que giran en torno a posibles dificultades en el desarrollo en implementación del diseño (Villamil G & Garcia H, 2003). De manera implícita es necesario definir los parámetros de evaluación bajo los cuales se analizarán las posibles soluciones.

Posteriormente se empiezan a generar bosquejos o posibles soluciones a la problemática, es decir crear un concepto de diseño por lo cual ya se estaría en la fase II, en la cual se generan esquemas alternativos que se puedan evaluar bajo los parámetros adecuados y de esta manera

determinar si funcionalmente cumple satisfactoriamente el propósito o si es necesario realizar un análisis y optimización de las alternativas generadas.

La fase II se puede expresar en tres acciones principales: síntesis, análisis y optimización; es decir los conceptos de diseño se dispondrán entre estas tres sub-fases manteniendo una relación de intimidad; ya que el déficit en alguna de estas se asume como una reevaluación de las fases anteriores; en caso tal de llegar a la generación del concepto de diseño adecuado se podrá dar desarrollo a la siguiente fase.

De esta manera la fase III se desarrolla ya que es posible que los conceptos de diseño aporten más de una posible solución; por lo cual se deben comparar resultados y así llegar a la conclusión de un único diseño a desarrollar.

Para la fase IV ya se inicia un proceso más específico con el concepto de diseño seleccionado (Budynas, 2008); en este punto se empiezan a definir las consideraciones de diseño necesarias, y algunos aspectos secundarios que no se suponen al momento de definir el concepto de diseño general, se evalúan aspectos eléctricos de ser necesarios, además de establecer modelos de análisis para realizar el cálculo de cargas en componentes específicos, y así mismo se determinan o seleccionan los componentes necesarios y en general se incluye un estudio de selección de materiales a partir de las consideraciones de diseño definidas inicialmente, también se pueden realizar dentro de esta fase un análisis de valor en el cual se justifica la necesidad de cada elemento y estudios de adaptación del producto con el medio o el entorno; en general dentro de esta fase se desarrollan todos aquellos aspectos que puedan llegar a afectar el diseño general y así a partir de estas actividades más específicas poder generar el diseño final.

Habitualmente siempre se generan prototipos bajo los cuales se realiza una inspección y evaluación para así concluir en si el diseño generado cumple la necesidad y los aspectos establecidos en la fase I; es decir se llega a la fase final que es valorar el producto a partir de pruebas controladas y de esta manera descubrir si el proceso de diseño ya en consecuencia un producto optimo y adecuado.

Dentro de la fase IV se habla de establecer las consideraciones de diseño; estas se refieren a las características que influyen dentro del diseño y no deben ser omitidas dentro del desarrollo del producto final; estas consideraciones están altamente vinculadas a la selección de materiales la cual se puede definir como la decisión de definir el material usado para una aplicación en donde dicha decisión debe adaptarse al proceso de diseño y establecer en muchos casos si el proyecto tendrá éxito o fracasara en su diseño (Mejía G, 2011).

El proceso de selección de materiales consta de algunas fases en su desarrollo las cuales ayudan a determinar aspectos necesarios para realizar adecuadamente la selección. Inicialmente se consideran los requerimientos de diseño (Ashby, Materials selection un mechanical design, 2005):



- a. **Función:** Se habla de tener claridad respecto a que hace el componente de estudio; es decir cuál es su objetivo o para que actividad está diseñado a realizar.
- b. **Restricciones:** Aquí se consideran dos bloques de trabajo; que condiciones o parámetros no son negociables y por esta razón no pueden modificarse o remplazarse dentro del proceso de selección, y cuales características (*Tabla 1*), aunque puedan negociarse no se desean cambiar o se desean obtener, es decir existe versatilidad en el manejo de la condición, pero se le tiene definida ya cierta importancia dentro del proceso de diseño.
- c. **Objetivos:** Así como existen restricciones deben existir condiciones específicas dentro del diseño que se busquen cambiar; esto incluye maximizarlas o minimizarlas de acuerdo con la función determinada, en pocas palabras que aspectos se cambian con el fin de optimizar el diseño en general; como un ejemplo podemos considerar aspectos como la reducción de peso, la sostenibilidad, los costos de producción u obtención del material, etc.
- d. **Variables libres:** Son los parámetros que, aunque están incluidos dentro del proceso de diseño no presenta problemáticas respecto a ser cambiados o modificados.

Propiedades insensibles a la microestructura	Propiedades sensibles a la microestructura
Densidad, . Módulo de elasticidad, E Conductividad térmica Coeficiente de expansión térmica lineal, . Punto de fusión, Tf Temperatura de transición vítrea, Tv para polímeros Corrosión uniforme, mm/año Costo por unidad de masa	Resistencia, . (a la fluencia, a la tracción, última, etc) Ductilidad Tenacidad a la fractura, Kic Fatiga y propiedades cíclicas, fatiga por corrosión Termofluencia Impacto Dureza
<b>Otras propiedades</b>	
Facilidad de colado Facilidad para tratar térmicamente Conformabilidad Maquinabilidad Soldabilidad	

*Tabla 1 Principales propiedades de los materiales. (Universidad Politécnica de Cataluña)*

Después de establecer y tener claridad en los requerimientos del diseño y cómo afecta la selección del material se procede a realizar un descarte inicial de los materiales que no puedan realizar la aplicación o no estén dentro de los límites de trabajo respecto a los atributos definidos en la parte inicial. Se busca disminuir el grupo de posibles materiales.

Al solo contar con los materiales aptos a cumplir con todas las especificaciones; se realiza una agrupación en orden decreciente respecto a que material se adapta mejor dentro del entorno establecido; es decir que material desarrolla una mayor optimización respecto a los objetivos establecidos y se estudia que material trabaja mejor las propiedades vitales dentro del diseño del producto o de la aplicación.

Por último, antes de determinar el material final a trabajar se debe contar con toda la información permitiente sobre el material seleccionado y que dicha información no afecte de forma adversa en el proceso de selección, se habla de determinar condiciones de obtención, de facilidad de acceso y de los impactos dentro del entorno local en el que desarrollara el producto final.

EL desarrollo de estas fases culmina en la selección correcta del material a usar; para poder desarrollar acertadamente cada una de las fases de debe considerar los criterios en que se descartaran los materiales. Por esta razón existen métodos específicos de selección para poder realizarse y ponerse en práctica, claramente cada una de las metodologías explora diferentes herramientas y la aplicación de ellas se determina de acuerdo con la capacidad que se tenga de manejar la información; de forma general se hablaran de tres métodos distintos (Callister):

- 1) Método tradicional.
- 2) Método gráfico.
- 3) Método con la ayuda de bases de datos.

Método tradicional:

En este método son aplicados conocimientos generados durante la práctica ingenieril y realizando comparaciones con sistemas o componentes que trabajen bajo un mismo concepto, de esta forma se selecciona un material ya empleado y del cual no es necesario realizar estudios previos, ya que todo gira en torno a mantener los materiales ya utilizados para ciertas aplicaciones, además de esta forma el suministro de materias primas o materiales ya es asegurado.

El uso de estos materiales aporta para el ingeniero una sensación de seguridad y tranquilidad en el uso de dicho material, ya que se puede decir que para ser seleccionado ya ha sido aplicado en el medio; sin embargo, mantenerse en el uso de materiales con base a sus usos previos cierra la posibilidad de considerar características ambientales y de sostenibilidad como algunos otros aspectos que puedan optimizarse. El uso de este método es una salida segura y de poca innovación con un único fin en común, el de ahorrar tiempo y hacer el proceso de diseño más fácil de desarrollar.

Método gráfico:

Como su nombre lo indica se hace un apoyo en herramientas graficas llamadas mapas de materiales; específicamente se desarrolla este método en etapas de conceptualización del diseño en donde se da una selección general del material apropiado, se habla de la familia del material la cual se selecciona a partir de la comparación de propiedades específicas en

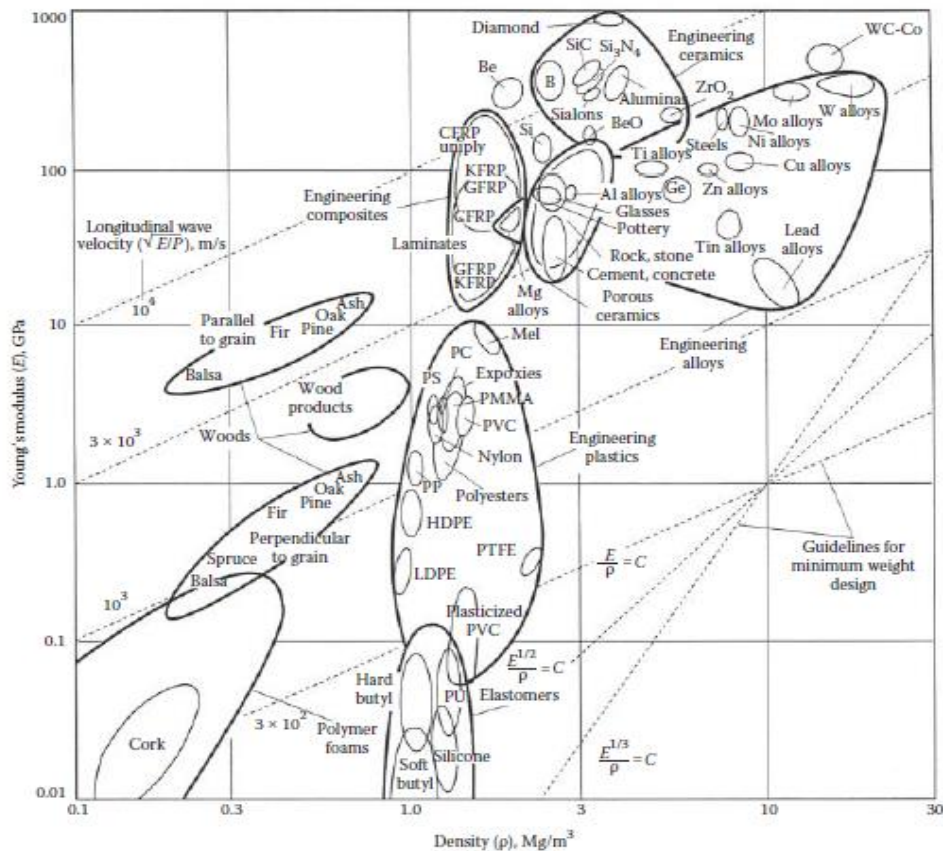


Imagen 2 Mapa de materiales.

los mapas de materiales (*Imagen 2*); en una etapa inicial solo se da relación a las propiedades más importantes o fundamentales con las que deban contar los componentes.

La selección por mapas de Ashby consta de ciertos pasos ya específicos para realizar adecuadamente el proceso; inicialmente se deben definir los requerimientos para la aplicación que se trabajara y así a partir de esto se hace una aproximación de que componentes se emplearas y posibles materiales; para así aplicar el uso de los mapas de materiales como se mencionó inicialmente de forma general para que al tener seleccionada una familia de materiales poder realizar un análisis más detallado dentro de la familia ya que en ocasiones la variación de propiedades entre los materiales puede ser bastante amplia por lo cual podría afectar el diseño al que se aplicaran.

Es importante aclarar que dentro de esta metodología no se manejan únicamente propiedades físicas del material, sino que también se realiza comparación con condiciones ambientales, de costo y desarrollo, incluso de obtención; es decir a partir de este método se tienen en cuenta muchos más factores lo que podría generar una mayor asertividad en los resultados obtenidos.

Método con la ayuda de bases de datos:

Las bases de datos sobre algún material específico son la recopilación de investigaciones en ensayos de materiales las cuales tratan propiedades específicas y en general las propiedades principales con las que debe contar el material para un fin delimitado.

Esta herramienta es bastante practica y accesible a todo público, además de contar con información de aproximadamente 3000 materiales diferentes, 200 procesos y el manejo de información técnica y científica sobre cada material y proceso; su importancia radica en definir adecuadamente las propiedades principales de los materiales de estudio y así poder definir en qué aspectos se manejará la búsqueda del material.

En general los métodos de selección se adecuan a las circunstancias en que se maneje el proceso de diseño y no necesariamente se debe aplicar un único método; ya que la combinación de estos puede concluir en un panorama menos amplio de selección, es decir evaluar todos los aspectos necesarios y así llegar a una respuesta específica y clara del material a usar.

## 2.2. ESTADO DEL ARTE

La selección de materiales se desarrolla con la finalidad de suplir la necesidad de establecer materiales adecuados para el diseño de cualquier componente y garantizar que dichos materiales además de cumplir con las variables técnicas también cumplan con condiciones adicionales como costo, disponibilidad, facilidad de manufactura, disposición de tamaño y forma, impacto ambiental entre otros.

No obstante, este proceso de desarrollo de la selección de materiales depende directamente del desarrollo humano y el avance en la ciencia de los materiales ya que históricamente la aplicación de los materiales estriba de épocas dentro de las cuales se destacan materias primas que facilitan o mejoran el desempeño humano dentro de actividades más cotidianas (Shackelford, 2005). Sin embargo, la ciencia de los materiales no ha consignado periodos constantes de avances y de proyección positiva en la investigación de materiales debido a que temporalmente se evidencia que el ser humano posterior a establecer las materias primas disponibles y encontrar la combinación adecuada de estas tiende a resguardarse en el uso de un único material que aparentemente es capaz de adaptarse a todas las necesidades que se exteriorizan en esa época; a pesar de evidenciar la suspensión de investigación e innovación en la ciencia de los materiales, a partir del año 1960 aproximadamente (Ashby, 1999), la exploración de materiales se potencializa generando impactos industriales significativos y a su vez exigiendo un crecimiento académico que permita impulsar los avances de la ciencia

de los materiales buscando no solo suplir necesidades nuevas sino también mejorando las soluciones establecidas a problemas pasados.

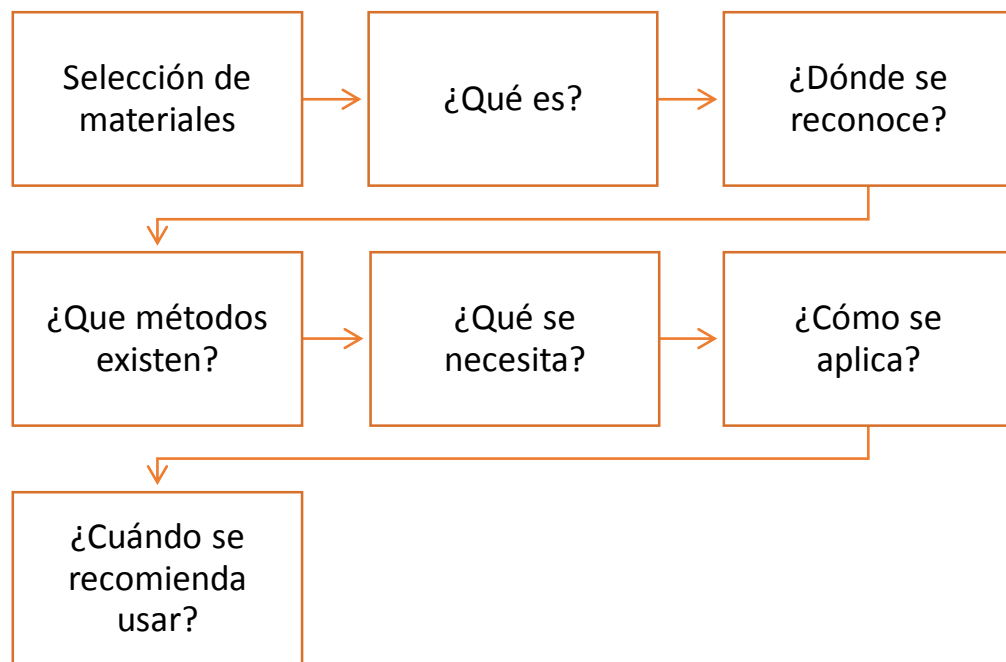
Dentro del desarrollo académico y pedagógico de la ciencia de los materiales, se encuentran diversos textos que abarcan el tema en el sentido que exponen una caracterización de los materiales con los que se cuentan y la forma en que se manejan los mismos, además de textos dirigidos al diseño y desarrollo de soluciones ingenieriles en donde se presenta de igual forma la importancia de la aplicación de la ciencia de los materiales. Empero no se cuenta con una gran cantidad de material académico dirigido a vincular la caracterización individual de los materiales y el desarrollo de un diseño de ingeniería; es decir no existe accesibilidad a los procesos teóricos de una selección de materiales y todas las implicaciones con las que cuenta. Lo dicho anteriormente genera una discordancia en el campo académico ya que ocasiona que los conceptos adquiridos sobre materiales no se relacionen con la formación práctica de un ingeniero, es decir agrupar gran cantidad de información sin generar la capacidad de materializar esos conocimientos en el desarrollo de soluciones o mejoramientos dentro entorno actual.

### 3. DESARROLLO MATERIAL DE APOYO ACADÉMICO.

#### 3.1. IDENTIFICACIÓN DE METODOLOGÍAS:

Inicialmente se hace una recopilación de información sobre el tema a desarrollar, como primera medida se amplía la información referente a la selección de materiales determinando aspectos generales y estableciendo aspectos específicos primordiales dentro de los métodos de selección.

Se establecen preguntas para realizar un filtro de información y mantener todos los conceptos base de forma clara y concisa proyectándolos en una aplicación posterior dentro del material de apoyo. Las preguntas se establecen inicialmente con el propósito de responder y generar una concepción básica e introductoria sobre el tema de selección de materiales, es allí donde primeramente se formula el cuestionamiento ¿Qué es?, el cual brinda información inicial suficiente para generar un flujo de preguntas (*Figura 1*) que se desglosan a partir de la solución de esta primera interrogación; seguidamente, la interrogante que se realiza crea un vínculo entre las nociones teóricas iniciales y la proyección practica de las mismas, es decir, se cuestiona dentro del desarrollo académico de la tecnología mecánica ¿dónde se ubica o se reconoce la selección de materiales?.



*Figura 1 Proceso determinación de preguntas clave.*

El reconocer un entorno de uso de la selección de materiales precisa la adición de información complementaria sobre que parámetros o características se necesitan para desarrollarla; sin embargo, antes de establecer el ¿Qué se necesita?, es pertinente definir que metodologías de ejecución existen dentro de la selección de materiales; de esta forma se divide y clasifica la información que se adiciona de acuerdo a los métodos que se establecen dentro de la selección de materiales. Generar la clasificación de información a través de la identificación de las metodologías permite concluir el tema mediante la formulación de preguntas que abarcan de forma general los conceptos y procesos con los que cuenta cada método; de manera que se cuestiona ¿qué se necesita?, ¿Cómo se aplica o se genera una solución a partir del método?, y ¿Cuándo se recomienda usar?

Es así como a partir del flujo de preguntas se agrupa toda la información pertinente para generar un material de apoyo introductorio al tema de selección de materiales.

### 3.2. MATERIAL DE APOYO:

En el numeral 3.1 se reconoce el tipo de información que se maneja dentro del desarrollo del material de apoyo; por lo cual se genera un formato general de guía de aplicación para el tema de selección de materiales, inicialmente la información se divide en dos grupos significativos; una introducción teórica y un desarrollo específico de información, por esta razón, se maneja dos formatos de guía:

- a) Presentación general del tema donde se responden las preguntas generales indicada en la sección 3.1, creando una introducción teórica al tema manteniendo la información clara y focalizada en no generar confusión.
- b) Desarrollo de ejemplos prácticos que exponen individualmente las metodologías de selección de materiales y toda la información que se requiere para que sea desarrollada satisfactoriamente.

Aunque se define como guía de aplicación también cuenta con aspectos informativos que se enlazan directamente con el desarrollo práctico, de esta manera el formato final del material apoyo es una vinculación entre ejemplos y formación académica; un material teórico-práctico.

### 3.3. DETERMINACIÓN CASOS DE ESTUDIO/EJEMPLOS:

Dentro del material de apoyo académico que se plantea manejar una serie de ejemplos dentro de los cuales se desarrollan las metodologías de selección de materiales y a su vez se realiza una explicación de cómo se ejecutan dichas metodologías.

En ese orden de ideas inicialmente se establecen diez problemáticas distintas y se determinan características restrictivas y características a optimizar o mejorar. Todos los datos establecidos en este punto se manejan en un formato de tabla para manejar toda la información, posteriormente se realiza una comparación entre las problemáticas establecidas y se adiciona información que complemente las restricciones para establecer correctamente los requerimientos de diseño.

Función/Aplicación	Objetivo	Restricción
Marco para bicicleta	Baja densidad	Bajo costo
	Alta resistencia a la corrosión	Esfuerzo mínimo
Balancín secador industrial	Disminuir densidad	Deformación térmica
	Resistencia	
Tablero instrumentos <i>Dashboard</i>	Ciclo de vida amigable con el medio ambiente	Flexible en proceso de manufactura
		Alta resiliencia
		Bajo costo
Diafragma de altavoz	Alta resistencia a la fatiga	Baja densidad
		Buena acústica
Lente	Alta dureza superficial	Transparencia
	Grosor del lente bajo en formulas elevadas	Índice de refracción
		Numero de Abbe
Kayak	Resistencia al impacto	Flotabilidad
	Baja densidad	Medias establecidas de acuerdo al uso
Zapatitas de frenos	Durabilidad	Alto coeficiente de fricción
		Capacidad para resistir el desgaste
	Obtención de material que no afecte la salud humana	Material con capacidad de resistir efectos ambientales
		Conductividad térmica mínima
Lóbulo de suspensión de aire	Mantener la presión	Resistencia a los cambios de temperatura
	Alta resistencia a la fatiga	
	Resistente a pinchazos	Alta resistencia
Materiales piezoeléctricos	Mayor capacidad de acumulación de energía	Bajo costo
		Densidad energética
Escaleras “flotantes”	Disminución masa	Esfuerzo por carga puntual de flexión
		Mínima deformación

*Tabla 2 Problemas de aplicación*



De los ejemplos establecidos en la tabla 2 se seleccionan en total cuatro casos de estudio, de las cuales tres se desarrollan a partir de metodologías específicas, es decir cada metodología cuenta con un ejemplo de aplicación, mientras que en el cuarto y último ejemplo se desenvuelven en conjunto las tres metodologías observando su comportamiento individual en una misma problemática pero a la vez se enlazan los resultados obtenidos individualmente y se muestra como no necesariamente se debe aplicar un solo método de selección de materiales.

Metodología de selección	Función / Aplicación	Objetivo	Restricción
Tradicional	Lente oftálmico	Alta dureza superficial	Transparencia
		Grosor del lente bajo en formulas elevadas	Índice de refracción Numero de Abbe
Grafico (Mapas de Ashby)	Escaleras “flotantes”	Disminución masa	Esfuerzo por carga puntual de flexión
			Mínima deformación
Bases de datos	Pastillas de frenos	Durabilidad	Alto coeficiente de fricción
			Capacidad para resistir el desgaste
		Obtención de material que no afecte la salud humana	Material con capacidad de resistir efectos ambientales Conductividad térmica mínima
Tradicional, gráfico y base de datos	Marco para bicicleta	Baja densidad	Bajo costo
		Alta resistencia a la corrosión	Esfuerzo mínimo

*Tabla 3 Metodología aplicada en los problemas seleccionados.*

Se seleccionaron ejemplos (*Tabla 3*) que permiten exponer la versatilidad y la aplicación de las metodologías de selección de materiales de forma correcta. Teniendo en consideración todos los parámetros que deben seguirse.

En el caso del método tradicional se aplica la selección del material para lentes oftálmicos, donde se expone como a partir de materiales ya identificados y establecidos se logra la adaptación de acuerdo a la aplicación en donde se desarrolle, mostrando el proceso de estudio del método de selección y todos sus componentes.

Para el método grafico se usa la aplicación del diseño de un escalón flotante ya que es un ejemplo que permite su asociación dentro de un entorno cotidiano lo cual genera una mejor capacidad al momento de determinar todos los aspectos referentes a características mecánicas y de funcionamiento. Todo esto se traduce en que el desarrollo del método de selección se

observa claramente, y permite que se expongan todos los elementos básicos y necesarios para realizarse.

La particularidad del método de selección por bases de datos de ser aplicado provechosamente en las etapas de diseño detallado demanda la selección de un problema aplicativo en el cual se cuente con la mayor cantidad de información posible, en este orden de ideas se establece su desarrollo dentro del ejemplo de pastillas de freno específicamente de una bicicleta desplegando todas las condiciones y parámetros que se deben emplear en este método.

El problema de aplicación del marco de bicicleta se determina para que dentro de su desarrollo se ejecuten las tres metodologías ya explicadas individualmente; se selecciona este ejemplo porque presenta gran amplitud en sus resultados y brinda en gran medida aspectos adicionales de diseño que se aplican al momento de concluir los métodos individualmente y conjuntamente.

#### 3.4. GUÍA FINAL.

En el producto final del formato de la guía se aplican los subconjuntos determinados en el numeral 3.2, para la guía que cuenta con información teórica se maneja una página inicial como presentación del tema (*Figura 2*) en la que se describe de forma general en que consiste, que necesita y como se vincula la selección de materiales en los procesos de diseño. En esta primera página se satisfacen las dos preguntas formuladas inicialmente, ¿Qué es?, y ¿Dónde se reconoce?, de igual manera se añade información que se especifica como consideraciones generales dentro de la figura 2 y que resulta útil para definir aspectos concretos que se deben desarrollar en la selección de materiales.

Posterior a la página inicial se introduce más directamente al tema, por lo cual se realiza la exposición teórica de las metodologías de selección de materiales por medio de tres categorías (*Figura 3*) en las que se divide toda la información teórica de cada metodología:

1. Definición de qué tipo de material o información es necesaria para desarrollar el método de selección.
2. Procedimiento de aplicación correcto del método de selección.
3. Énfasis en aspectos a tener en cuenta si se aplica el método de selección.

Las categorías se definen al considerar la información más importante y la manera más clara para ser expuesta ante un público de interés, se busca responder dentro de las categorías establecidas las preguntas restantes realizadas en la sección 3.1.

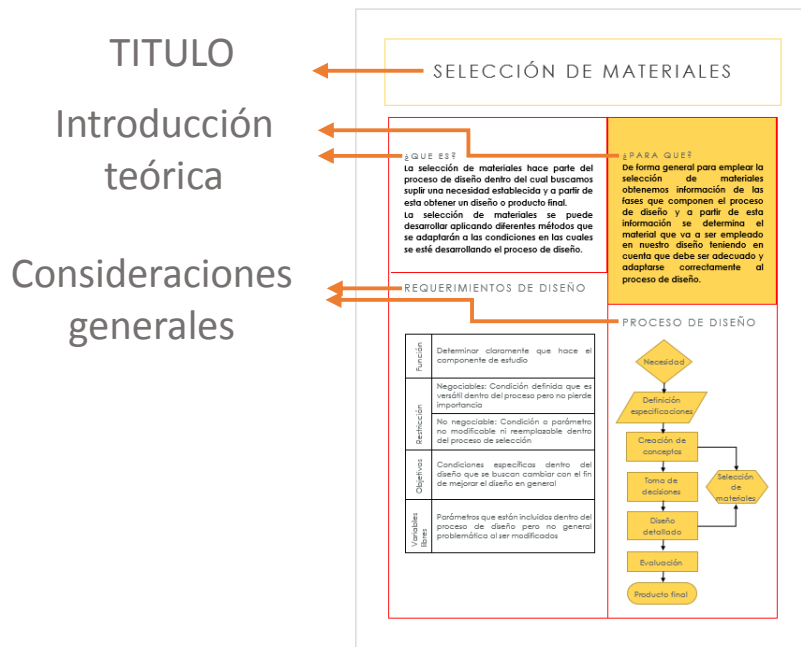


Figura 2 Formato página inicial.

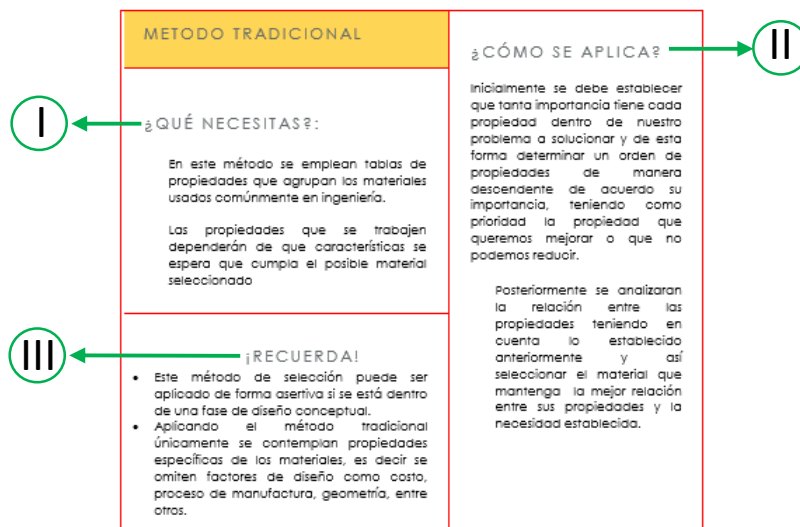


Figura 3 Formato explicación teórica de los métodos.

En el caso de las guías de desarrollo de los ejemplos establecidos en la sección 3.3 se manejan siguiendo un formato que expone el desarrollo aplicativo de la metodología que maneja cada ejemplo realizando el énfasis en manifestar el desarrollo de aspectos definidos en las guías teóricas y que permiten establecer pasos necesarios para realizar un desarrollo adecuado de la metodología, por lo tanto como primera medida se define de forma clara cuál es el problema que requiere una solución a través de una descripción del caso, que abarca las

generalidades iniciales con las que se cuenta permitiendo posteriormente la adición de información al caso de acuerdo a como lo demande la metodología que se esté empleando. Como se ha mencionado anteriormente los métodos de selección se agregan a un proceso de diseño para obtener como resultado final un producto que satisfaga todas las demandas iniciales, por esta razón en la etapa de descripción del caso, para cada uno de los ejemplos se realiza un reconocimiento de los requerimientos de diseño, para sintetizar lo que se busca con estos ejemplos es únicamente exponer los métodos de selección de materiales, razón por la cual se omite todo el proceso de diseño previo a la selección del material y se agrupa información expuesta en artículos y textos para delimitar el problema.

Dentro de los parámetros que se requieren para desarrollar los métodos de selección es necesario contar con los recursos convenientes que permitan un manejo de la información y las metodologías correctamente; por lo cual dentro de cada ejemplo se describe y especifica el tipo de material que se emplea para desarrollar la metodología, este material se obtiene de bibliografía adicional específica sobre cada tema, de forma general se buscan tablas de propiedades donde se consideren las herramientas más relevantes de acuerdo a las especificación establecidas inicialmente, mapas de Ashby que manejen relación entre diferentes propiedades y bases de datos que cuenten con diversos tipos de filtros de búsqueda además de contar con la información necesaria para establecer restricciones de búsqueda de propiedades. El material de desarrollo empleado en cada metodología se incluye directamente en la guía

Una parte fundamental de la guía de ejemplos es mostrar cómo se aplican los conceptos abordados dentro de la guía teórica en un entorno práctico, por esta razón se dedica una sección dentro del proceso de solución de los ejemplos en mostrar únicamente como se desarrollan estos conceptos, para algunos de los casos expuestos dentro de las guías de ejemplo es necesario ampliar y definir conceptos adicionales que complementan el desarrollo del ejemplo.

Con la guía de ejemplo se busca mostrar todo el proceso aplicativo de la selección de materiales, a causa de esto es pertinente incluir una sección de conclusiones generadas a partir del desarrollo o búsqueda de la solución del caso, esta sección se caracteriza por presentar no solo los resultados obtenidos por el método de selección, sino que incluye un análisis de los mismos donde se proyectan los materiales obtenidos con relación a disposiciones adicionales que se muestran como necesarias a considerar ya que permiten crear criterios de diseño que fundamentan la elección final.

Sin embargo, a pesar de definir aspectos generales con los que cuenta la guía de desarrollo de ejemplos cada uno de estos se desarrolla de forma particular en cada uno de los casos, por esta razón se especifica cómo se maneja cada uno de estos aspectos (*tabla 4*).

Método tradicional Lentes oftálmicos	Descripción del caso	En este ejemplo se maneja una introducción al tema mediante la especificación de su función y que características o propiedades se destacan definiendo la funcionalidad, las cuales posteriormente se definen y especifican
	Material de desarrollo	A través de la recopilación de información se crea una tabla de propiedades que agrupa los principales materiales empleados expuestos bajo su nombre comercial y el material del cual están fabricados y los valores para propiedades especificadas en la descripción del caso
	Desarrollo selección	Se realiza una comparación de materiales empleando una categorización por precios y se analizan las propiedades con las que cuenta para determinar un entorno de aplicación más específico de acuerdo a como se desarrollan las propiedades
Método gráfico Escaleras flotantes	Descripción del caso	Inicialmente se describe cual es la funcionalidad y bajo qué condiciones va a trabajar la aplicación, exponiendo datos iniciales general de forma
	Desarrollo selección	Para iniciar con la aplicación del método se determinan todos los requerimientos de diseño que son necesarios definir, posteriormente se realiza la determinación de aspectos propios del método como el índice de material y las líneas guía. Los mencionados anteriormente se emplean en el material de desarrollo
	Material de desarrollo	El material de apoyo se define a partir de resultados obtenidos por la determinación del índice de material, en general se usan mapas de materiales que contengan a este índice.
Método por base de datos Pastillas de frenos	Descripción del caso	Se realiza una presentación del caso a través de su aplicación dentro de sistemas relacionados con el uso cotidiano y se establece que materiales se esperan reemplazar y los parámetros que se deben cumplir dentro de la aplicación.
	Material de desarrollo	Se busca el uso de bases de datos competentes que brinden la variedad de materiales necesarios y posibiliten la oportunidad de aplicar diversos filtros de búsqueda.
	Desarrollo selección	A partir de recopilación de información a través de artículos y bases de datos se crean los intervalos específicos que se manejan para realizar la búsqueda de materiales y se ingresan los datos establecidos en la base de datos.

Tabla 4 Descripción general Guías de desarrollo metodologías individuales.

La guía final se anexa bajo el nombre de ANEXO A para la guía teórica y ANEXO B para la guía de desarrollo teórico-práctico de los casos de estudio.

#### 4. EVALUACION MATERIAL APOYO.

Desarrollado completamente el material de apoyo académico se realiza una validación del mismo a través del criterio evaluativo por parte de profesionales con extenso conocimiento sobre la ciencia de los materiales, donde se busca generar una realimentación bajo aspectos relacionados con contenido conceptual y desarrollo del tema. La información que se recopila a través de la validación del material de apoyo se puede compilar entonces dentro de 4 categorías que describen las cualidades y aspectos por mejorar en la guía.

Categoría	Descripción
<b>Presentación de las temáticas</b>	<p>Los conceptos manejados dentro de la guía teórica siguen un flujo de trabajo lógico dentro del cual los conceptos se van desarrollando a medida que se da un avance del tema.</p> <p>Se hace una división por subsecciones donde se presenta de manera consecuente los pasos para abordar la selección de materiales dentro de cualquier proceso de diseño</p>
<b>Delimitación casos de estudio</b>	<p>A pesar de que se realizan los pasos pertinentes para llevar a cabo la selección de materiales dentro de los casos particulares de estudio, no se especifica el origen de la necesidad inicial, es decir, no hay claridad al definir si el requerimiento de diseño suplente un proceso de desarrollo o de innovación.</p>
<b>Alcance de aplicación de la guía</b>	<p>Aunque el desarrollo teórico-práctico se exponga únicamente dentro de 4 ejemplos específicos, la definición de las etapas de desarrollo de cada metodología y las consideraciones que son necesarias, dentro de cada una de estas, son claras y esto permite que la aplicación de cada una de dichas metodologías dentro de cualquier proceso sea satisfactoria mientras se cumpla con los requerimientos que se establecen dentro de la guía.</p>
<b>Temas adyacentes</b>	<p>Las soluciones obtenidas en muchos de los casos, son alternativas idóneas a las ofertas presentes en el mercado actual, no obstante, la guía carece de una comparación adecuada entre estas. Ergo, se omite el análisis de información de otros fabricantes que se desenvuelven dentro de los entornos especificados en cada caso de estudio</p> <p>Al realizar el proceso de ejemplificación se asume para el diseño, un entorno de desarrollo beneficioso donde no se somete dicha aplicación a condiciones especiales que requieran cualidades específicas.</p>

*Tabla 5 Retroalimentación material generado.*

## 5. CONCLUSIONES

- Se observa que dentro de la recopilación de información referente a la selección de materiales y sus métodos de aplicación los textos dirigidos exclusivamente al tema son reducidos, considerando las metodologías como la tradicional y la que se realiza por medio de bases de datos su desarrollo teórico dentro de los textos académicos es limitado y solo se exponen como posibles métodos de selección dentro del proceso de diseño sin ampliar la información necesaria para aplicarlos, respecto al método gráfico aunque se han creado textos dirigidos a explicar su desarrollo y aplicación en los procesos de diseño, la mayoría de estos textos no son de fácil acceso dentro de la comunidad académica por lo cual adquirir esta información resulta complicado.
- La creación de un material destinado a la aplicación del mismo en espacios de desarrollo académico se ve directamente asociada al tipo de información que se expone en el material, por lo cual dentro del desarrollo del proyecto se enfatizó en que los términos y conceptos vinculados a la explicación del tema se manejaran bajo terminologías claras de fácil entendimiento y comprensión con la finalidad de evitar generar mayor cantidad de dudas respecto al tema.
- Se identifica a través de los ejemplos que es necesario mantener un orden lógico en el desarrollo de un proceso de diseño desde sus instancias iniciales hasta la proyección de una solución pertinente dentro del proceso.
- Se evidencia que dentro del proceso de diseño la identificación de la selección de materiales y el desarrollo de la misma es un proceso iterativo que implica generar un flujo de trabajo adecuado que se adapte a la información con la que cuenta y mantenga la coherencia entre necesidad, objetivos y solución.
- Se concluye que a través de la aplicación de las guías teóricas y las guías de desarrollo de ejemplos el afianzamiento de los conceptos relacionados con la selección de materiales permiten generar un apropiamiento de estos conocimientos dentro del espacio académico, por lo cual a medida que se desarrolla el tema las posibles dudas son aclaradas satisfactoriamente.
- La capacidad de aplicación y uso de las metodologías explicadas en las guías teórica y práctica, pueden alcanzar y solucionar satisfactoriamente los requerimientos y especificaciones de un diseño, cualquiera que sea, por más complejo que pueda tornarse, esto pese a que el desarrollo de las metodologías de selección dentro de los casos de estudio específicos se expone de manera simplificada con el objetivo de hacer el proceso de ilustración un poco más sencillo.

## BIBLIOGRAFIA

- Ashby, M.F. (1999). *Materials selection in mechanical design*. Oxford. Elsevier Butterworth Heinemann
- Ashby, M.F. (2005). *Materials selection in mechanical design*. Oxford: Elsevier Butterworth Heinemann.
- Budynas, R. Nisbett, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V.
- Gonzales, H. Mesa, D. (2004). La importancia del método en la selección de materiales. *Scientia et Technica*, No 24.
- John V.B. (1990) *Materials Selection*. In: *Engineering Materials*. Macmillan Work Out Series. Palgrave, London
- Kang, MY. Young, HT. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (2000) 16: 139. <https://doi-org.bdigital.udistrital.edu.co/10.1007/s001700050019>
- Mejía G, C. (2011) *Metodología para el diseño de materiales, una aproximación desde la técnica y la sensorialidad*. Medellín, Colombia. Universidad EAFIT
- Shackelford, J.F. (2005). *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. Madrid, España: Pearson Educación, S.A.
- Villamil G, E. García H, M.J. (2003) *Introducción al proyecto de ingeniería*. Buenos Aires, Argentina.



ANEXO A  
Guía Teórica

# SELECCIÓN DE MATERIALES

## ¿QUE ES?

La selección de materiales hace parte del proceso de diseño dentro del cual buscamos suplir una necesidad establecida y a partir de esta obtener un diseño o producto final.

La selección de materiales se puede desarrollar aplicando diferentes métodos que se adaptarán a las condiciones en las cuales se esté desarrollando el proceso de diseño.

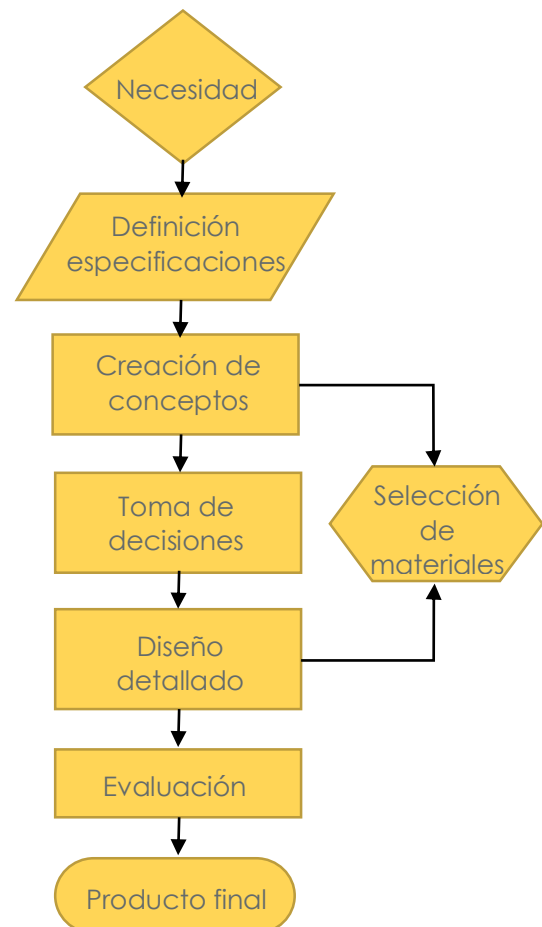
## ¿PARA QUE?

De forma general para emplear la selección de materiales obtenemos información de las fases que componen el proceso de diseño y a partir de esta información se determina el material que va a ser empleado en nuestro diseño teniendo en cuenta que debe ser adecuado y adaptarse correctamente al proceso de diseño.

## REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Función	Determinar claramente que hace el componente de estudio
Restricción	Negociables: Condición definida que es versátil dentro del proceso pero no pierde importancia
	No negociable: Condición o parámetro no modificable ni reemplazable dentro del proceso de selección
Objetivos	Condiciones específicas dentro del diseño que se buscan cambiar con el fin de mejorar el diseño en general
Variables libres	Parámetros que están incluidos dentro del proceso de diseño pero no general problemática al ser modificados

## PROCESO DE DISEÑO



## METODO TRADICIONAL

### ¿QUÉ NECESITAS?:

En este método se emplean tablas de propiedades que agrupan los materiales usados comúnmente en ingeniería.

Las propiedades que se trabajen dependerán de que características se espera que cumpla el posible material seleccionado

### ¡RECUERDA!

- Este método de selección puede ser aplicado de forma asertiva si se está dentro de una fase de diseño conceptual.
- Aplicando el método tradicional únicamente se contemplan propiedades específicas de los materiales, es decir se omiten factores de diseño como costo, proceso de manufactura, geometría, entre otros.

### ¿CÓMO SE APLICA?

Inicialmente se debe establecer que tanta importancia tiene cada propiedad dentro de nuestro problema a solucionar y de esta forma determinar un orden de propiedades de manera descendente de acuerdo su importancia, teniendo como prioridad la propiedad que queremos mejorar o que no podemos reducir.

Posteriormente se analizaran la relación entre las propiedades teniendo en cuenta lo establecido anteriormente y así seleccionar el material que mantenga la mejor relación entre sus propiedades y la necesidad establecida.

## METODO GRAFICO

### ¿QUÉ NECESITAS?:

Como su nombre lo indica dispondremos de gráficos de materiales (Mapas de Ashby) que nos mostraran dos propiedades enfrentadas en un gráfico

Se observara cómo se comportan las familias de materiales respecto a las propiedades dl grafico

### ¿COMO SE APLICA?

- Es fundamental conocer todos los requerimientos de diseño y tener claridad de cómo afectan el producto final.
- A partir de nuestra restricción no negociable y nuestro objetivo se determinara el Índice de material (M)
- Las propiedades que funcionan como restricción deben contar con un valor límite que será trazado directamente en el gráfico.
-

## ¡RECUERDA!

- El método gráfico solo nos da familias de material y no un material en específico; por lo tanto se requiere obtener información adicional de cada una de las familias para poder hacer una selección adecuada.
- La versatilidad del método se ve expresada en la complejidad que se le adicione al momento de determinar cuántos M serán aplicados. Por esta razón puede ser usada tanto en una fase de definición de conceptos como en el diseño detallado

- Se recomienda fijar un valor numérico a nuestra propiedad objetivo que exprese lo que se busca y trazarla en el gráfico.

***El trazo de las dos líneas limita un área en donde se encuentran todas las familias de materiales que cumplen con los parámetros de búsqueda.***

- Para optimizar la búsqueda se puede trazar líneas guías cuya función es reducir posibles opciones.

## BASES DE DATOS

### ¿QUÉ NECESITAS?

Para aplicar este método será necesario una base de datos de materiales.

La base de datos que empleemos debe contar con la posibilidad de aplicar diferentes criterios de búsqueda o subcategorías en que divida los materiales.

### ¿CÓMO SE APLICA?

- Establecer un número de propiedades que serán usadas como criterio de búsqueda, los valores de estas propiedades se pueden manejar con intervalos.

La aplicación de más de un criterio de búsqueda puede reducir los posibles materiales a usar.

## ¡RECUERDA!

- El método de selección por medio de bases de datos necesita considerar la mayor cantidad de información, por lo cual debes considerar su uso en una fase de diseño detallado.
- Puede ser complementado con información obtenida con otros métodos de selección de materiales para realizar una búsqueda más específica.

- Considerar filtros de búsqueda como Familias específicas de material
- A partir de los resultados obtenidos realizar un análisis de condiciones, proceso de obtención o de manufactura para realizar la selección final.

## Referencias

- Ashby, M.F. (2005) *Materials Selection in Mechanical Design*. Burlington, MA. Elsevier
- Ashby, M. F., Shercliff, H. Cebon, D. (2007) *Materials. Engineering, Science, Processing and Design*. Burlington, MA. Elsevier
- Budynas, R.G., Nisbett, J.K. (2008) *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México D.F. McGraw-Hill.
- Villamil G. E. García, M.J. (2003) *Introducción al proyecto de Ingeniería*. Buenos Aires, Argentina.
- Callister. W. D. *Introducción a la ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Utah. Reverte.

**ANEXO B**  
**Guía Desarrollo Ejemplos**

# MÉTODO TRADICIONAL

En el método tradicional de selección de materiales se ocupan las principales propiedades que definen a los materiales para poder ser aptos en aplicaciones específicas, de esta forma se trabajara con una tabla general que nos permite analizar el comportamiento de una propiedad en diferentes materiales que la posean.

## **DESCRIPCIÓN DEL CASO**

Los lentes oftálmicos se adaptan a estilos de vida distintos y a su vez a las necesidades ópticas y de mejoramiento de la calidad de la visión; por esta razón se toman los materiales usados habitualmente en lentes oftálmicos para mostrar cómo sus propiedades determinan comportamientos y aplicaciones específicas.

Para el caso de estudio se evaluarán las propiedades de los materiales existentes con el fin de poder determinar en qué escenario es más adecuado aplicar cada uno. Para esto es necesario conocer lo que significa cada propiedad que pertenece al material; en el caso de los lentes oftálmicos consideraremos 3 diferentes propiedades.

### **NOTA:**

El método tradicional no nos expone nuevas posibilidades de materiales que cumplan con nuestros requerimientos.

- Índice de refracción: Es la relación que existe entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un medio específico.
- Densidad: Es la relación entre masa y volumen de una material.
- Número de Abbe: Es una cantidad adimensional asignada a materiales transparentes que se define a partir de una comparación del índice de refracción del material a distintas frecuencias.

Para poder emplear el método tradicional de selección se usará la Tabla 1 en donde podremos encontrar los materiales usados y sus principales propiedades. Analizaremos los materiales según el rango de precios en el cual se encuentre clasificados, lo que limitará sus aplicaciones a entornos determinados.

## **MATERIAL DE DEARROLLO**

Rango de precio	Material	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Índice de refracción (n)	Numero de Abbe
Estándar	Cr-39 (Resina orgánica termoestable)	1.32	1.498 – 1.501	58-59
	Trivex (Poliuretano)	1.10	1.530	45
Medio	Plástico 1.56	1.42	1.56	39
	Future-x	1.16	1.57	43
	Future-x g2			
	Policarbonato (Orgánico)	1.20	1.585	32
Alto	Plástico 1.61 (Orgánico)	1.22	1.601	42
	Plástico 1.67 (Orgánico)	1.35	1.67	34
	Alto índice 1.74 (Orgánico)	1.46	1.74	33

Tabla 1 Propiedades ópticas

### DEARROLLO DE LA SELECCIÓN

- Estándar: Lo primero que analizaremos será el índice de refracción (n); en este caso presentan los valores más bajos lo que nos indica que el grosor del lente al ser aplicada la fórmula será directamente proporcional a la cantidad de aumento que requiera; es decir que para fórmulas altas presentará lentes excesivamente gruesos lo que afecta la estética; sin embargo son materiales con una buena calidad óptica debido a que el valor de Abbe es superior a 40.
- Medio: En este rango se da un aumento del índice de refracción, esto disminuirá el espesor del lente y en consecuencia se tendrá una mejor estética en un amplio rango de fórmulas; sin embargo esta mejora en la apariencia física del lente afecta la calidad óptica puesto que estos materiales tienen valores inferiores a 40 para el número de Abbe, no obstante presentan una cercanía al valor de referencia por lo cual se pueden emplear y obtener resultados satisfactorios.
- Alto: Se puede entender que esta gama se adapta perfectamente a un mercado en el cual se manejan fórmulas optométricas muy elevadas, es por esta razón que los materiales en esta gama presentan los máximos valores de índice de refracción, esto prioriza el factor estético sobre la calidad óptica del lente.



## **CONCLUSIÓN**

Los materiales que se manejan en la manufactura de lentes oftálmicos se adaptan correctamente a las necesidades que se requieren suplir, es decir se adaptan perfectamente a los usos ópticos debido a los valores de sus propiedades. Sin embargo en el proceso de diseño se debe adicionar requerimientos como la disponibilidad en el mercado, costos, estética, etc.

La selección de materiales por el método tradicional es óptima ya que nos brinda la posibilidad de encasillar los materiales en aplicaciones y necesidades específicas con la finalidad de posteriormente vincular los requerimientos de diseño adicionales y así seleccionar el material indicado.

## REFERENCIAS:

Centro óptico Alomar, Materiales de lentes oftálmicos.  
<http://opticaalomar.com/files/Materiales%20de%20lentes%20oftalmicos.pdf>

Vertex, Laboratorio óptico Premium (2014) Ficha técnica.  
[http://vertexlab.com.mx/file/2014/05/Materiales\\_Mayo2014.pdf](http://vertexlab.com.mx/file/2014/05/Materiales_Mayo2014.pdf)

# MÉTODO GRAFICO

En la guía teórica se mencionaron índices de material y líneas guía como criterios básicos para aplicar correctamente una selección de materiales por el método gráfico, en ese orden de ideas se utilizará el modelamiento del paso de una escalera como ejemplo de la aplicación de estos conceptos.

## DESCRIPCIÓN DEL CASO

Se busca seleccionar el material para los pasos individuales de una escalera (*Imagen 1*), los cuales cuentan con una sección transversal rectangular con 30cm de base y una longitud de 90 cm, los pasos se encuentran apoyados en sus dos extremos soportando una carga de flexión generada por el peso una persona; se asumirá la carga como una fuerza puntual sobre el escalón.

Inicialmente se determinan los requerimientos de diseño a partir de los cuales se inicia la selección del material.

## DESARROLLO DE LA SELECCIÓN

### Requerimientos de diseño

Función

Restricciones

Objetivo

Variables libres

Escalón

- Longitud  $L$  específica
- Base  $W$  específica
- Debe soportar una carga de flexión  $F$  (*Imagen 2*) sin deformarse demasiado

Disminución de la masa

- Espesor  $t$  de la sección transversal
- Material

Tabla 1 Requerimientos de diseño para un escalón individual



Imagen 1 Escaleras flotantes

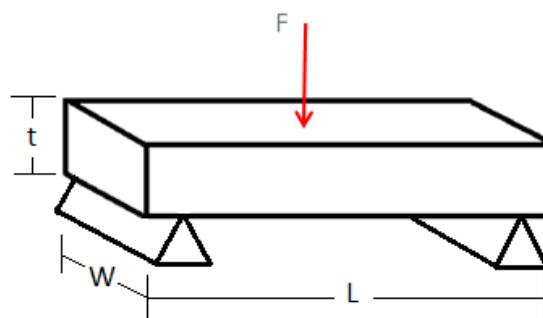


Imagen 2 DCL Escalón

# Índice de material

1. Expresamos los requerimientos dentro de una fórmula

$$S = \frac{F}{\delta} = \frac{C_1 EI}{L^3}$$

Donde:  
 S = Rigidez  
 $\delta$  = Deflexión  
 $C_1$  = Constante de distribución de carga  
 E = Modulo de Young  
 I = Momento de inercia

2. Establecer una fórmula que exprese nuestro objetivo

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:  
 $\rho$  = Densidad  
 m = masa  
 V = Volumen

3. Involucrar la variable libre dentro de las ecuaciones establecidas en los pasos 1 y 2

$$\rho = \frac{m}{t w L}$$

$$m = \rho t w L$$

Si  $I = \frac{wt^3}{12} \rightarrow S = \frac{C_1 E w t^3}{12 L^3}$

$$t = \left( \frac{12 L^3 S}{C_1 E w} \right)^{1/3}$$

4. Vincular las dos ecuaciones resultantes a través de la variable libre para obtener una única ecuación.

$$m \geq \left( \frac{12 L^3 S}{C_1 w} \right)^{1/3} L w \left( \frac{\rho}{E^{1/3}} \right)$$

Se maneja como desigualdad ya que esto nos indica que para cumplir los parámetros de diseños se deben considerar siempre una masa mayor o igual

5. Identificar el índice de material; la ecuación resultante nos muestra todos los parámetros de diseño que se involucran en nuestra aplicación

Requisitos funcionales  
 $\left( \frac{12 L^3 S}{C_1 w} \right)^{1/3}$

Geometría  
 $L w$

Propiedades del material  
 $\left( \frac{\rho}{E^{1/3}} \right)$

Índice de material:  

$$M = \frac{E^{1/3}}{\rho}$$

El índice de material se invierte respecto al resultante de la ecuación original ya que estamos buscando maximizar las propiedades y así disminuir la masa

# Líneas guía

Se determinan por medio de los índices de materiales

$$M = \frac{E^{1/3}}{\rho}$$

Se expresa el índice de material por medio de logaritmos

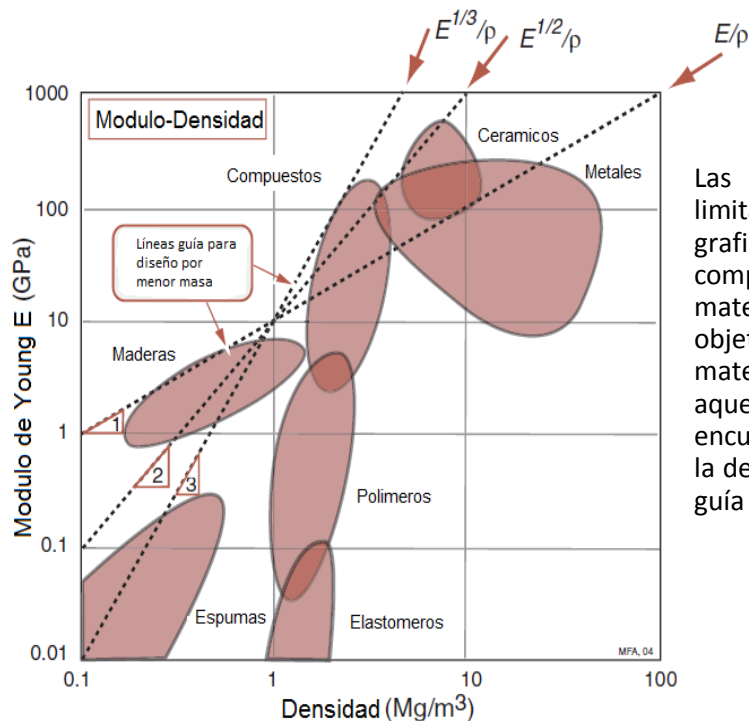
$$\log C = \log E^{1/3} - \log \rho$$

$$\log E^{1/3} = \log C + \log \rho$$

$$\log E = 3 \log C + 3 \log \rho$$

Luego de obtener una ecuación en la cual se expresa la restricción (E), en términos de las otras variables con exponente igual a 1, se determina que el número que acompañan a al resto de la ecuación establece la pendiente de la línea que será trazada en el gráfico.

Con las líneas guía se busca optimizar la búsqueda de material, las familias de materiales a través de la línea y sobre esta son mejores.



Las líneas guía limitan la zona del gráfico donde se comportan mejor los materiales según los objetivos; estos materiales serian aquellos que se encuentran sobre o a la derecha de la línea guía

**MATERIAL  
DESARROLLO**

**DE**

Como fue determinado ya el índice de materia, se emplea un gráfico (*Grafico 1*) en el cual encontraremos la distribución de las familias de materiales respecto al módulo de Young en relación con la densidad; para poder realizar la selección se usa un E determinado de 2GPa y el uso de la línea guía adecuada.

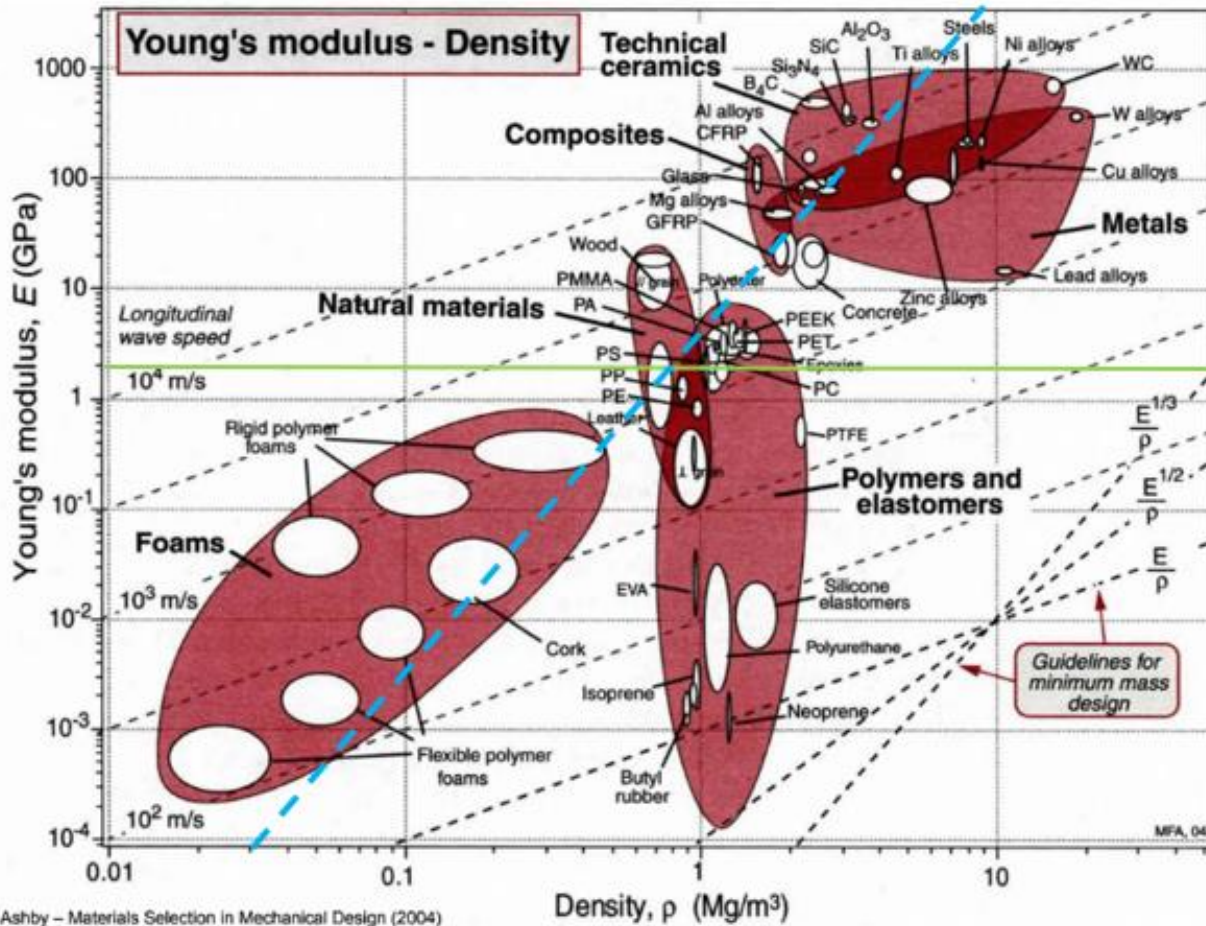


Grafico 1 Mapa Ashby Modulo de Young vs Densidad.

Luego de realizar la aplicación del índice de material (línea verde en el *Grafico 1*) y la línea guía (línea punteada azul en el *Grafico 1*) es posible establecer límites dentro del gráfico que agrupan todas las familias que cumplen con los requerimientos de la aplicación. En este caso es la zona superior izquierda

**NOTA**

El grafico agrupa únicamente familias de materiales, no expone materiales específicos.

## **CONCLUSIÓN**

En este punto la elección de la familia de material está dada por factores de diseño adicionales que logren reducir las posibles opciones; dentro del caso de estudio y de acuerdo a los resultados arrojados se puede concluir:

- ✓ Los materiales naturales además de cumplir con los requerimientos funcionales se presentan como el grupo de materiales con menor densidad posible, es decir cumplen con el objetivo propuesto, cabe resaltar que esta familia de materiales tiene varios beneficios intrínsecos como un proceso de conformado sencillo lo cual implicaría un menor costo de la materia prima en el mercado, fácil maquinabilidad que permite versatilidad en su uso y un ciclo de vida sostenible que se conecta fácilmente con propuestas amigables con el medio ambiente.
- ✓ La familia de compuestos se encuentra en un rango medio de densidad respecto a las demás familias dadas luego de realizar la delimitación, adicionalmente se observa que cuenta con valores mucho mayores de módulo de Young que pueden significar tener un factor de seguridad mayor, sin embargo, sí se considera el factor de costo puede llegar a elevarse drásticamente en relación con otros materiales, también se debe tener en cuenta la disponibilidad del material en el mercado local en la presentación que se requiere.
- ✓ En el caso de la familia de los metales, la delimitación aplicada la excluye en su mayoría, por eso consideran únicamente los metales que cuente con las menores densidades y que se comportan en cuanto a su deformación de forma similar a los compuestos, adicionalmente la disponibilidad en el mercado local suele ser amplia y su costo de adquisición varía entre proveedores.

## **REFERENCIAS:**

Ashby, M.F. (2005) *Materials Selection in Mechanical Design*. Oxford. Elsevier

Ashby, M. F., Shercliff, H. Cebon, D. (2007) *Materials. Engineering, Science, Processing and Design*. Oxford. Elsevier

# MÉTODO POR BASE DE DATOS

Dentro del desarrollo del método por base de datos es necesario contar con información suficiente para su aplicación y así concluir satisfactoriamente en la elección de un material, por consiguiente se desarrollara la selección para pastillas de freno a partir de materiales alternativos. (Aranque de los Rios, 2012)

## **DESCRIPCIÓN DEL CASO**

Desde la creación de sistemas de transporte para la facilidad humana ya sean de transmisión mecánica o humana también se creó la necesidad de implementar sistemas de frenos que permitan mayor seguridad en el uso de los medios de transporte; el caso de estudio es un sistema de freno mecánico aplicado a bicicleta que consiste en activar un sistema dispuesto en las llantas para que genere una fuerza de fricción entre las almohadillas de freno y la llanta, de esta manera detener el movimiento de las mismas.

Las almohadillas de freno se pueden elaborar con diversos materiales como el asbesto, corcho, caucho o madera; sin embargo se ha comprobado que materiales como el asbesto tienen a largo plazo efectos negativos en la salud de las personas que interactúan con el material en su proceso de manufactura; debido a esto es imperativo hallar alternativas para reemplazar el material.

El método por base de datos se realiza a través de la búsqueda de materiales que cumplan con las propiedades físicas, mecánicas, eléctricas, térmicas, entre otras que se requieran dentro del problema que se trabaja; de modo que para el caso tratado específicamente se utilizan dos propiedades restrictivas que agrupan factores importantes en la búsqueda del material para las pastillas de freno.

### **NOTA**

En este método de selección es prioritario establecer criterios que logren reducir el número de resultados finales

Las propiedades restrictivas a utilizar son:

- **Coeficiente de fricción:** Se refiere a la oposición al deslizamiento entre superficies que se encuentran en contacto.
- **Conductividad térmica:** Es una propiedad física que permite determinar la conducción de calor a través de los materiales, Es decir en nuestro caso buscaremos bajos niveles de conductividad térmica lo cual se traduce en un material más aislante.

Material	Coefficiente de Fricción	Conductividad térmica (W/m-K)
Asbesto	0.248	0.07
Caucho	0.157	0.15
Madera	0.371	0.13
Corcho	0.449	0.03

Tabla 1 Propiedades materiales usados en pastillas de freno.

**MatWeb**  
MATERIAL PROPERTY DATA

Advertise with MatWeb!  
Data sheets for over 125,000 metals, plastics, ceramics, and composites.

REGISTER NOW

HOME • SEARCH • TOOLS • SUPPLIERS • FOLDERS • ABOUT US • FAQ • LOG IN

Searches: [Advanced](#) | [Category](#) | **Property** | [Metals](#) | [Trade Name](#) | [Manufacturer](#) | [Recently Viewed Materials](#)  **SEARCH**

Ensinger High Performance Plastics offer weight savings that have potential to drive lower cost systems

### Property Search

Try these other methods of searching:

- [Advanced Search](#) - Allow searches on conditional property data, using multiple criteria.
- [Polymer Film Search](#)
- [Lubricant Search](#)

Choose a Material Category (Optional)

- Carbon (832 matls)
- Ceramic (10020 matls)
- Fluid (7211 matls)
- Metal (16337 matls)
- Other Engineering Material (7738 matls)
- Polymer (91678 matls)
- Pure Element (490 matls)
- Wood and Natural Products (388 matls)

none

Submit the Query (Required)  
Click on the "Find" button below to submit the query.

**FIND** **RESET**

Choose up to 3 Material Properties  
Set the range by entering the minimum and/or maximum values for each selected property.

-- select --  
Min:  Max:  Unit:

-- select --  
Min:  Max:  Unit:

-- select --  
Min:  Max:  Unit:

Imagen 1 Vista general sitio MatWeb (MatWeb Material Property Data, 1990)

Para nuestro caso de estudio usaremos intervalos de búsqueda para cada propiedad determinados a partir de los datos de la *tabla 1*, en el caso de la conductividad térmica se usa un intervalo entre 0 a 0.2W/m-K, en el caso del coeficiente de fricción el intervalo que se aplica es de 0.1 a 0.73.

Estos intervalos serán ubicados en una base de datos, en este caso usaremos Matweb (Imagen 1) ya que presenta fácil accesibilidad al ser una base de datos gratuita.

**MATERIAL  
DESARROLLO**

**DE**



## DESARROLLO DE LA SELECCIÓN

Para comenzar se ingresa directamente al sitio web, el paso a seguir es parametrizar la búsqueda únicamente por propiedades de material usando la barra de herramientas superior (*Imagen 1*).

Inicialmente se aplica la búsqueda con el intervalo de conductividad térmica como primera propiedad restrictiva; la aplicación de este único filtro da como resultado un total de 2825 resultados.

Con la finalidad de reducir la búsqueda se agrega la propiedad restrictiva de coeficiente de fricción, que nos permite obtener un total de 137 posibles materiales (*Imagen 2*), resultado que reduce drásticamente la búsqueda en general y permite un mejor manejo de la información.

**Choose a Material Category (Optional)**

- Carbon (832 mats)
- Ceramic (10020 mats)
- Fluid (7211 mats)
- Metal (16337 mats)
- Other Engineering Material (7738 mats)
- Polymer (91678 mats)
- Pure Element (490 mats)
- Wood and Natural Products (388 mats)

**Choose up to 3 Material Properties**  
Set the range by entering the minimum and/or maximum values for each selected property.

**Thermal Conductivity (15744 mats)**  
Min: 0 Max: 0.2 Unit: W/m-K  
Min: 0.00363 W/m-K  
Max: 3000 W/m-K

**Coefficient of Friction (3328 mats)**  
Min: 0.1 Max: 0.73 Unit:   
Min: 0.00200  
Max: 7.40

**Submit the Query (Required)**  
Click on the 'Find' button below to submit the query.

**FIND** **RESET**

**Found 137 Results** Page 1 of 1 -- [Prev Page] [Next Page] -- view 200 per page

Use Folder: My Folder Contains: 0/0 **COMPARE MATERIALS**

Select	Material Name	Thermal Conductivity (W/m-K)	Coefficient of Friction
<input type="checkbox"/> 1	<a href="#">Overview of materials for Polycarbonate/ABS Alloy, Unreinforced</a>	0.142 - 1.70	0.160 - 0.230
<input type="checkbox"/> 2	<a href="#">Overview of materials for Acetal Copolymer, PTFE Filled</a>	0.0400 - 0.310	0.0700 - 0.350
<input type="checkbox"/> 3	<a href="#">Overview of materials for Acrylic, Extruded</a>	0.190 - 0.200	0.450 - 0.800
<input type="checkbox"/> 4	<a href="#">Overview of materials for Acrylic, Cast</a>	0.187 - 0.209	0.450 - 0.800
<input type="checkbox"/> 5	<a href="#">Overview of materials for Polytetrafluoroethylene (PTFE), Extruded</a>	0.167 - 0.300	0.0200 - 0.200
<input type="checkbox"/> 6	<a href="#">Overview of materials for Polyperfluoroalkoxyethylene (PFA), Molded/Extruded</a>	0.150 - 0.251	0.0400 - 0.250
<input type="checkbox"/> 7	<a href="#">Overview of materials for Fluorinated Ethylene Propylene (FEP), Molded/Extruded</a>	0.190 - 0.250	0.0400 - 0.350
<input type="checkbox"/> 8	<a href="#">Overview of materials for Fluorocarbon ETFE/ECTFE, Molded/Extruded</a>	0.150 - 0.216	0.200 - 1.60
<input type="checkbox"/> 9	<a href="#">Overview of materials for Thermoset Fluoroelastomer</a>	0.200 - 0.300	0.500 - 1.16

Imagen 4 Aplicación criterios de búsqueda y numero de resultados

## **CONCLUSIÓN**

A partir de los resultados obtenidos por la búsqueda restringiendo propiedades es necesario obtener información adicional de los materiales encontrados para continuar con el proceso de seleccionar el material; aspectos como disponibilidad en el mercado, costo, manufactura y maquinabilidad son importantes; sin embargo dentro los resultados se aplica un filtro de familias de materiales el cual indica que todos los materiales pertenecen a la familia de los polímeros, esta información es significativa ya que nos sitúa dentro de un mercado y una industria específica, limitando la selección de material e indicándonos aspectos de diseño adicionales de utilidad para seleccionar un único material.

## REFERENCIAS:

Aranque de los Rios, O. J. (2012). Caracterización de materiales alternativos para frenos de fricción. *Scientia et Technica*, 6.

*MatWeb Material Property Data*. (1990). Obtenido de <http://www.matweb.com>

Mott, Robert L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México. Pearson Educación.

# MÉTODOS DE SELECCIÓN

Los métodos de selección de materiales se dividen en tres, el tradicional, el gráfico y por medio de bases de datos; los métodos se desarrollan individualmente en diversas aplicaciones; sin embargo, las herramientas que brinda cada método pueden ser de ayuda para complementar una búsqueda específica. De esta manera se aplican los tres métodos de selección en un mismo problema para observar que resultados se generan en los métodos individualmente y como pueden relacionarse entre sí para obtener un resultado global.

## DESCRIPCIÓN DEL CASO

Realizar la selección de materiales para un marco de bicicleta de ciudad de uso cotidiano, donde se busca obtener una mejor eficiencia mecánica mediante la disminución de la masa total del marco, lo que permite al usuario una mayor confortabilidad y facilidad de desplazamiento en cualquier terreno a costa de un menor esfuerzo.

Requerimiento	Limitaciones
Baja densidad	Fuerza vertical aplicada de 700N <sup>1</sup> , $\sigma_f = 60$ MPa
Evitar elevados costos del material	La fuerza es analizada estáticamente

Tabla 1 Datos iniciales del caso de estudio

## METODO TRADICIONAL

El método tradicional se realiza a través de tablas de materiales (*Imagen 1 y 2*) ya existentes donde se exponen algunas de sus propiedades por medio de tablas; el caso de estudio busca materiales empleados en funciones estructurales de modo que se limita la búsqueda a lo que conocemos como materiales de ingeniería, los cuales son materiales convencionales o de uso muy frecuente dentro de una gama amplia de aplicaciones; mediante el uso de tablas de propiedades mecánicas (*Imagen 3*) se llega a obtener una idea de que material es apto para nuestro ejemplo.

<sup>1</sup> Se establece valor de acuerdo a la norma NTC 2054

**Tabla B-2 Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio forjado**

Datos de varias fuentes.\* Valores aproximados. Consulte a los fabricantes para información más precisa

Aleación de aluminio forjado	Condición	Resistencia a la cedencia por tensión (2% de deformación)		Resistencia a la última tensión		Resistencia a la fatiga después de 5E8 ciclos		Alargamiento mayor de 2 pulg	Dureza Brinell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	kpsi	MPa	%	-HB
1100	Chapa recocida	5	34	13	90			35	23
	Laminada en frío	22	152	24	165			5	44
2024	Chapa recocida	11	76	26	179			20	-
	Tratada en caliente	42	290	64	441	20	138	19	-
3003	Chapa recocida	6	41	16	110			30	28
	Laminada en frío	27	186	29	200			4	55
5052	Chapa recocida	13	90	28	193			25	47
	Laminada en frío	37	255	42	290			7	77
6061	Chapa recocida	8	55	18	124			25	30
	Rolada en caliente	40	276	45	310	14	97	12	95
7075	Barra recocida	15	103	33	228			16	60
	Tratada en caliente	73	503	83	572	14	97	11	150

\* Propiedades de algunos metales y aleaciones, International Nickel Co., Inc., NY: *Metals Handbook*, American Society for Metals, Materials Park, OH.

Imagen 1 Tabla de propiedades mecánicas aleaciones de aluminio

**Tabla B-3 Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbón**

Datos de varias fuentes.\* Valores aproximados. Consulte a los fabricantes para información más precisa

Número SAE/AISI	Condición	Resistencia a la cedencia a tensión (2% de deformación)		Resistencia a la última tensión		Alargamiento mayor de 2 pulg	Dureza Brinell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	%	-HB
1010	Rolado en caliente	26	179	47	324	28	95
	Laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	Rolado en caliente	30	207	55	379	25	111
	Laminado en frío	57	393	68	469	15	131
1030	Rolado en caliente	38	259	68	469	20	137
	Normalizado @ 1 650°F	50	345	75	517	32	149
	Laminado en frío	64	441	76	524	12	149
	Q&T @ 1 000°F	75	517	97	669	28	255
	Q&T @ 800°F	84	579	106	731	23	302
	Q&T @ 400°F	94	648	123	848	17	495
1035	Rolado en caliente	40	276	72	496	18	143
	Laminado en frío	67	462	80	552	12	163
1040	Rolado en caliente	42	290	76	524	18	149
	Normalizado @ 1 650°F	54	372	86	593	28	170
	Laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	Q&T @ 1 200°F	63	434	92	634	29	192
	Q&T @ 800°F	80	552	110	758	21	241
	Q&T @ 400°F	86	593	113	779	19	262
1045	Rolado en caliente	45	310	82	565	16	163
	Laminado en frío	77	531	91	627	12	179
1050	Rolado en caliente	50	345	90	621	15	179
	Normalizado a 1 650°F	62	427	108	745	20	217
	Laminado en frío	84	579	100	689	10	197
	Q&T @ 1 200°F	78	538	104	717	28	235
	Q&T @ 800°F	115	793	158	1 089	13	444
	Q&T @ 400°F	117	807	163	1 124	9	514
1060	Rolado en caliente	54	372	98	676	12	200
	Normalizado @ 1 650°F	61	421	112	772	18	229
	Q&T @ 1 200°F	76	524	116	800	23	229
	Q&T @ 1 000°F	97	669	140	965	17	277
	Q&T @ 800°F	111	765	156	1 076	14	311
	Q&T @ 600°F	118	814	183	1 262	10	375
1095	Rolado en caliente	66	455	120	827	10	248
	Normalizado @ 1 650°F	72	496	147	1 014	9	13
	Q&T @ 1 200°F	80	552	130	896	21	269
	Q&T @ 800°F	112	772	176	1 213	12	363
	Q&T @ 600°F	118	814	183	1 262	10	375

\* SAE Handbook, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA: *Metals Handbook*, American Society for Metals, Materials Park, OH.

Imagen 2 Tabla de propiedades mecánicas de aceros al carbón.

**Tabla B-1** Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería

Datos de varias fuentes.\* Estas propiedades son similares para todas las aleaciones del material específico

Material	Módulo de elasticidad $E$		Módulo de rigidez $G$		Relación de Poisson $\nu$	Densidad de peso $\gamma$	Densidad de masa $\rho$	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/pulg <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	
Aleaciones de aluminio	10.4	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8
Cobre al berilio	18.5	127.6	7.2	49.4	0.29	0.30	8.3	8.3
Latón, bronce	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6
Cobre	17.5	120.7	6.5	44.7	0.35	0.32	8.9	8.9
Hierro fundido gris	15.0	103.4	5.9	40.4	0.28	0.26	7.2	7.2
Hierro fundido dúctil	24.5	168.9	9.4	65.0	0.30	0.25	6.9	6.9
Hierro fundido maleable	25.0	172.4	9.6	66.3	0.30	0.26	7.3	7.3
Aleaciones de magnesio	6.5	44.8	2.4	16.8	0.33	0.07	1.8	1.8
Aleaciones de níquel	30.0	206.8	11.5	79.6	0.30	0.30	8.3	8.3
Acero al carbón	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero, aleaciones	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero inoxidable	27.5	189.6	10.7	74.1	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de titanio	16.5	113.8	6.2	42.4	0.34	0.16	4.4	4.4
Aleaciones de zinc	12.0	82.7	4.5	31.1	0.33	0.24	6.8	6.8

Imagen 3 Propiedades físicas de materiales de ingeniería.

Primeramente, se considera la propiedad o criterio restrictivo que se asigna en el caso de estudio, específicamente se observa la resistencia última a la tensión en la imagen 1 y 2, la cual indica que en general los metales cumplen con este requerimiento de diseño por consiguiente es necesario aplicar como criterio de búsqueda el objetivo a cumplir, es decir la disminución de masa a través de la disminución de la densidad.

De esta forma se realiza la búsqueda de las densidades más bajas dentro de los materiales de ingeniería (Imagen 3) ya que así se cumple con el objetivo del método de selección; como resultados se resaltan tres materiales principales; Las aleaciones de aluminio, el acero al carbón y las aleaciones de titanio.

## DESARROLLO DE LA SELECCIÓN

### CONCLUSIÓN

Para concluir la elección de un material; se descarta el acero al carbón ya que presenta el valor más elevado de densidad; lo cual deja la elección entre las aleaciones de aluminio y las de titanio; aquí se consideran aspectos adicionales como costos; disponibilidad los cuales influyen en la elección; sin embargo estas dos opciones son aquellas que cumplen completamente con los requerimientos de diseño.

## METODO GRAFICO

Dentro del desarrollo del método gráfico es necesario establecer dos criterios fundamentales de búsqueda que permiten realizar limitaciones gráficas; el índice de material y las líneas guía; a partir de estos se realiza la selección de material.

## DESARROLLO DE LA SELECCIÓN

### ➤ Índice de material

Inicialmente se define la propiedad restrictiva (Ecuación 1) y la característica a optimizar (Ecuación 2) dentro de ecuaciones que las expresen.

Restricción: $\sigma_f = 60 \text{ MPa}$	Objetivo: Disminución densidad
$\sigma \leq \frac{F}{A} \quad (1)$	$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$

Dado que nuestro caso de estudio no permite modificar el tamaño general del diseño sino exclusivamente el material o área transversal de los componentes del marco, para la solución de nuestro problema, esta área será la variable libre, es decir que es una variable que puede ser afectada por las demás variables, en este orden de ideas se busca expresar el área en términos del esfuerzo y la fuerza (Ecuación 3) y así determinar una relación entre todas las variables restantes

	Restricción: $\sigma_f = 60 \text{ MPa}$	Objetivo: Disminución densidad
Ecuaciones parciales	$A = \frac{F}{\sigma} \quad (3)$	$\rho = \frac{m}{A \times L} \quad (4)$
Unión ecuaciones 3 y 4	$\rho = \frac{m}{\frac{F}{\sigma} \times L} = \frac{m \times \sigma}{F \times L} \quad (5)$	

Cuando nos referimos a querer obtener una menor masa estamos buscando de forma indirecta materiales de baja densidad, bajo este criterio se expresa la masa en términos de densidad; de esta forma obtenemos a partir de la ecuación 5:

$$m = F \times L \times \frac{\rho}{\sigma} \quad (6)$$

Como resultado obtenemos una ecuación (6) que expresa todos aquellos elementos que afectan el proceso de diseño: Requisitos funcionales; requisitos geométricos y propiedades del material respectivamente en cada término de la ecuación.

Debido a que la modificación que se quiere hacer al diseño es en cuanto a la selección del material, se emplean solo los términos que hacen referencia a las propiedades del material y esto lo que se traduce en nuestro índice de material (Ecuación 7) que indica el gráfico más adecuado que se puede emplear para la búsqueda de dicho material:

$$M = \frac{\sigma}{\rho} \quad (7)$$

➤ *Líneas guía*

Para poder graficar el índice de material es necesario establecer una línea guía que permita aislar un número restringido de candidatos o posibles familias de materiales de entre los cuales se puede escoger el material más apropiado. No obstante, la pendiente de dicha línea se va a determinar partir del mismo índice de material. Para esto se añaden logaritmos a la ecuación 7 y se aplican algunas propiedades de los logaritmos (Ecuación 8)

$$\log M = \log \sigma - \log \rho \quad (8)$$

De la ecuación 8 se despeja la propiedad restrictiva y de esta forma; el resultado de esta ecuación determina la pendiente que se busca; como los términos son acompañados por el valor 1 (Ecuación 9) esta va a ser la pendiente definida para la línea guía.

En este caso la pendiente de la línea es 1 debido a que el índice de material también tiene exponente 1, esto quiere decir que este índice de material siempre tendrá una relación de 1 a 1 entre las variables, visto de otra forma, la incidencia de ambas variables es la misma sobre el índice de material.

$$\log \sigma = \log M + \log \rho \quad (9)$$

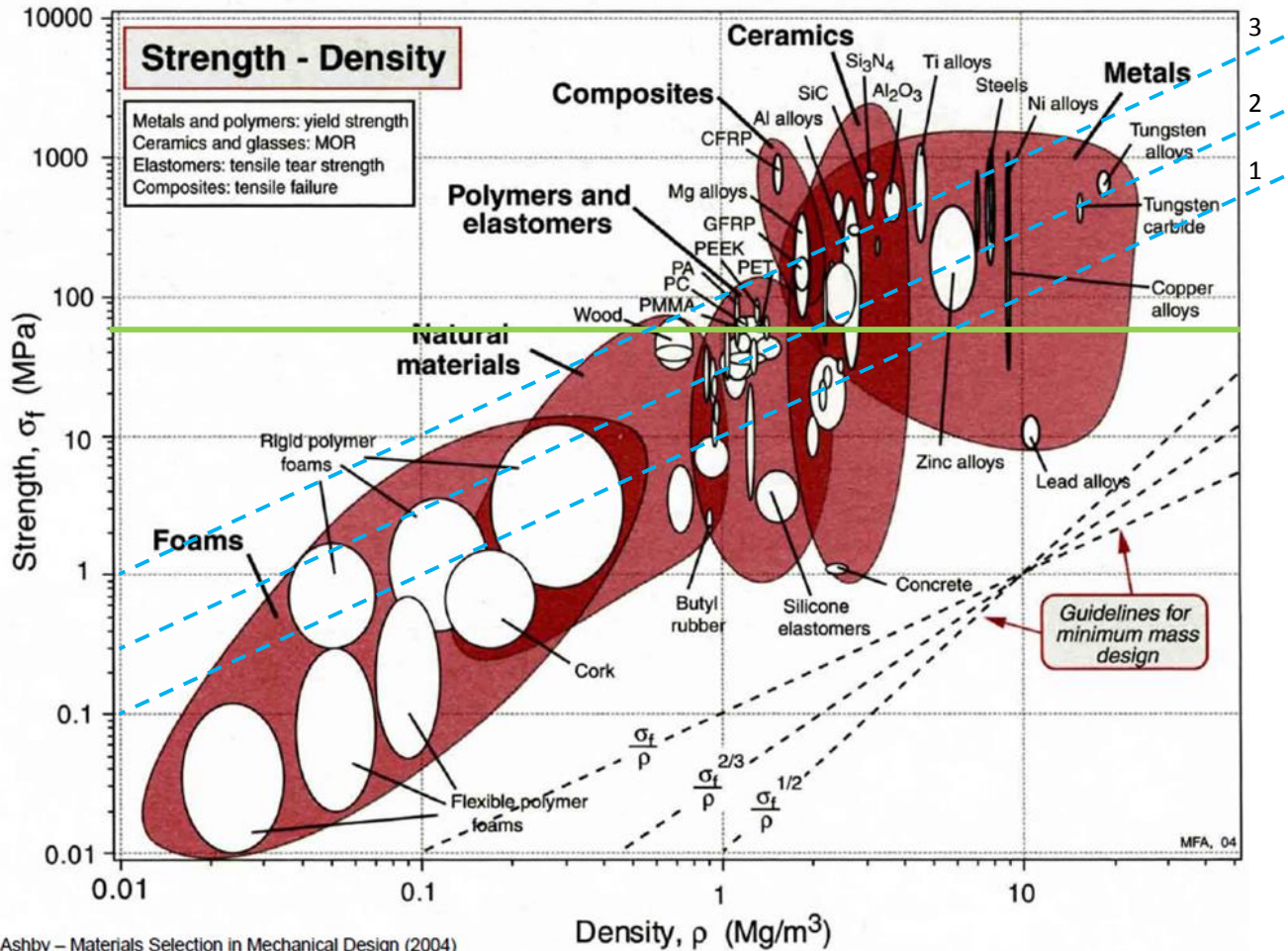
**Nota:** Dentro de algunos de los mapas de Ashby se encuentran trazadas por defecto líneas guías correspondientes a índices de material específicos, esto simplifica el proceso omitiendo la identificación de la pendiente correspondiente para las líneas guía.

**MATERIAL  
DESARROLLO**

**DE**

El gráfico a emplear en este caso de estudio será el que presenta las propiedades de esfuerzo y densidad (Gráfico 1) debido a que así lo determina el índice de material (Ecuación 7). En este gráfico es donde se traza la línea guía y el valor restrictivo asignado inicialmente.





Ashby – Materials Selection in Mechanical Design (2004)

Grafico 1 Mapa de Ashby Esfuerzo vs Densidad.

Primeramente en el grafico 1 se dibuja una línea en color verde que indica el valor mínimo de esfuerzo que debe soportar el material, analizando únicamente el resultado de la aplicación de esta línea se puede observar que algunas familias de materiales ya no son aptas para esta aplicación, pero sigue existiendo gran variedad de materiales útiles. Posteriormente se aplican las líneas guía, que en este caso se trazan en color azul.

Para este ejemplo específico se trazan 3 líneas que cumplen con la función de líneas guía, estas líneas se trazan a criterio del diseñador, sin embargo, para el trazo de las mismas cada diseñador debe tener en cuenta detalles específicos de su proceso de diseño que le permitan generar los criterios más adecuados de posicionamiento de las guías para que estas le faciliten la etapa de selección final. En este caso la línea n° 3 es aquella que limita de mejor manera la búsqueda de material, ya que al realizar un análisis general se obtienen

## CONCLUSIÓN



los materiales con menores densidades sin excluir completamente la familia de los metales.

Las familias de materiales que pueden ser aplicada en el marco de bicicleta son:

- Materiales naturales
- Polímeros y elastómeros
- Compuestos
- Metales

## METODO POR BASE DE DATOS

### MATERIAL DESARROLLO

DE

Como su nombre lo indica en este método se usa como herramienta una base de datos de materiales de la que se disponga; en este caso la base de datos usada es un recurso web denominado MatWeb el cual es de uso gratuito y fácil acceso en el mundo académico.

Ahora que se ha definido la base de datos que es fuente de información, como primera medida se establece que valores o propiedades restrictivas se aplican para realizar la búsqueda. Inicialmente se conoce un solo valor restrictivo a introducir; el esfuerzo (Imagen4, zona amarilla), esta es la propiedad que limita la búsqueda y determina que materiales cumplen con este criterio.

### DESARROLLO DE LA SELECCIÓN

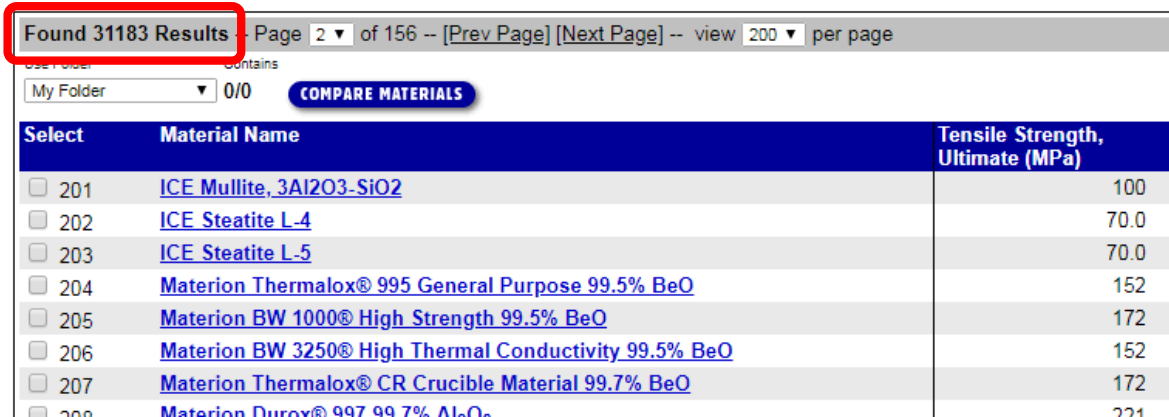
The screenshot displays the MatWeb search interface. On the left, a list of material categories is shown under the heading "Choose a Material Category (Optional)". The categories include Carbon (832 mats), Ceramic (10011 mats), Fluid (7211 mats), Metal (16315 mats), Other Engineering Material (7735 mats), Polymer (89813 mats), Pure Element (490 mats), and Wood and Natural Products (388 mats). Below this list, there is a "Submit the Query (Required)" section with a "Click on the 'Find' button below to submit the query." instruction and two buttons: "FIND" and "RESET".

On the right, a yellow-bordered box highlights the "Choose up to 3 Material Properties" section. It shows a dropdown menu set to "Tensile Strength, Ultimate (60509 mats)". Below this, there are input fields for "Min: 60" and "Max:" (empty), with a "Unit: MPa" dropdown. The "Min" field is highlighted in red and contains the value "0.000250 MPa". The "Max" field is highlighted in red and contains the value "60000 MPa". Below these fields is a scrollable list of properties, with "Density (100052 mats)" selected and highlighted in blue. Other visible properties include CTE, linear, Transverse to Flow (6360 mats), Cure Time (3609 mats), Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi) (22534 mats), Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi) (32661 mats), Deflection Temperature at 5.0 MPa (0 mats), Deflection Temperature at 8.0 MPa (892 mats), Dielectric Constant (12410 mats), Dielectric Strength (14866 mats), Dissipation Factor (9748 mats), Drying Temperature (16659 mats), Electrical Resistivity (28434 mats), ELONGATION [PROPERTY GROUP], Elongation at Break (65910 mats), Elongation at Yield (13414 mats), Emissivity (0-1) (162 mats), Fatigue Strength (1162 mats), Film Elongation at Break, MD (3405 mats), Film Elongation at Break, TD (3163 mats), and Film Elongation at Yield, MD (298 mats).

Imagen 4 Filtros de búsqueda en base de datos.

## CONCLUSIÓN

Esta búsqueda inicial da como resultado 31183 posibles materiales que cumplen con la restricción, tal como se observa en la *imagen 5*. Esto nos da un valor de gran magnitud el cual es difícil manejar y analizar; por esta razón de este método no logramos concluir en que material podemos usar para nuestra aplicación con tan solo introducir un dato restrictivo o de propiedad.



Found 31183 Results -- Page 2 of 156 -- [Prev Page] [Next Page] -- view 200 per page

My Folder 0/0 COMPARE MATERIALS

Select	Material Name	Tensile Strength, Ultimate (MPa)
<input type="checkbox"/> 201	<a href="#">ICE Mullite, 3Al2O3-SiO2</a>	100
<input type="checkbox"/> 202	<a href="#">ICE Steatite L-4</a>	70.0
<input type="checkbox"/> 203	<a href="#">ICE Steatite L-5</a>	70.0
<input type="checkbox"/> 204	<a href="#">Materion Thermalox® 995 General Purpose 99.5% BeO</a>	152
<input type="checkbox"/> 205	<a href="#">Materion BW 1000® High Strength 99.5% BeO</a>	172
<input type="checkbox"/> 206	<a href="#">Materion BW 3250® High Thermal Conductivity 99.5% BeO</a>	152
<input type="checkbox"/> 207	<a href="#">Materion Thermalox® CR Crucible Material 99.7% BeO</a>	172
<input type="checkbox"/> 208	<a href="#">Materion Durox® 997 99.7% Al2O3</a>	221

Imagen 5 Resultados de búsqueda.

Sin embargo de la aplicación de los métodos individualmente se obtiene información que al ser relacionada entre sí, permite que se establezcan características o propiedades que añaden información al problema y limitan el resultado final de la selección del material.

Del método tradicional se determina un valor máximo para la densidad dado por los valores asignados a las aleaciones de titanio (Imagen 3). **Densidad máxima: 4500 Kg/m<sup>3</sup>**

Del método grafico se determina un valor mínimo de densidad relacionado con el menor valor posible luego de aplicar el valor restrictivo y la línea guía (Grafico 1). **Densidad mínima: 500 Kg/m<sup>3</sup>**

A partir de los resultados del método grafico se establecen tres posibles familias de materiales: **Materiales naturales, compuestos y metales.**

Los datos tomados del método tradicional y el método gráfico determinados anteriormente complementan la búsqueda a través del método por base de datos; de esa forma se agrega una propiedad restrictiva, la densidad. Además de añadir un filtro de búsqueda por categoría del material (Imagen 4, recuadro verde).

**NOTA:**

Algunos de los materiales expuestos en la base de datos están señalados como discontinuados.

- La aplicación de la restricción de densidad reduce el resultado de posibles materiales a 20515 materiales.
- En la categoría de materiales naturales existen solo 34 resultados.
- En materiales compuestos hay un total de 161 resultados.
- Respecto a los metales hay 1122 resultados.

Como total global existen 1317 materiales que cumplen con los filtros de búsqueda. Para este punto de la selección es necesario vincular mayor información y requerimientos de diseño como costo, disponibilidad, procesos de manufactura, entre otros.

Si se buscan materiales alternativos fuera de los usados comúnmente se analizan los materiales naturales y compuestos únicamente, además estas dos familias son aquellas que muestran las menores densidades posibles.

Los métodos como el tradicional y el gráfico aplicados individualmente generan resultados verídicos dentro del caso si se aplican adecuadamente; en el caso del método por base de datos se evidencia que la cantidad y la calidad de la información influyen directamente en los resultados obtenidos.

**CONCLUSIÓN  
GENERAL DEL CASO**

## REFERENCIAS:

Ashby, M.F. (2005) Materials Selection in Mechanical Design. Oxford. Elsevier

Ashby, M. F., Shercliff, H. Cebon, D. (2007) Materials. Engineering, Science, Processing and Design. Oxford. Elsevier

Budynas, R.G. Nisbett, J. K. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. Mexico. McGraw-Hill Interamericana.

MatWeb Material Property Data. (1990). Obtenido de <http://www.matweb.com>