



# TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Celaya

Departamento de Ingeniería Industrial

Propiedades de los materiales

“GRUPO C”

“Diseño de una raqueta de tenis”

Equipo 2

Barrón Tapia Axel Daniel

Candelero Zavala Ángel Manuel

Cabrera Hernández Denisse

Cabrera Rauda José Ángel

Campos Mercado Héctor

Asesor: M.C Ángel Guerrero Navarrete

Celaya, Gto

20/04/2020

## INTRODUCCIÓN

---

En la actualidad existen diversos tipos de deportes y cada uno utiliza diferentes tipos de instrumentos o accesorios para ser puestos en práctica, tal es el caso de la raqueta que es un instrumento deportivo que consiste en un marco con un aro abierto y con una especie de red o caucho que lo cubre.

Los juegos en los que se emplea se conocen como deportes de raqueta: bádminton, ráquetbol, squash, tenis y tenis de mesa.

En el presente trabajo estaremos enfocándonos en la raqueta que se utiliza para practicar tenis ya que a través del tiempo su elaboración ha ido cambiando, y a su vez los materiales que se emplean para su creación, en un comienzo el material de las raquetas en todos los deportes fue tradicionalmente la madera, y las cuerdas eran o son hechas de intestinos de animal; también son conocidas como tripa de gato. La raqueta de tamaño tradicional está limitada por la fuerza y el peso del material de madera en el cual tiene la suficiente fuerza para aguantar las cuerdas y la tensión necesaria para poder pegarle a la pelota.

Los fabricantes empezaron a añadir materiales que no eran de madera para probar diferentes tensiones o golpes para un mejor juego. Las raquetas en un principio estaban hechas de madera, después empezaron hacerlas de acero y de aluminio y hoy en día por compuestos de fibra de carbono. La mayoría de las raquetas se hacen ahora con materiales compuestos que incluyen fibra de carbono y fibra de vidrio, metales tal como el titanio o cerámica. La cuerda ha sido sustituida parcialmente por materiales sintéticos incluyendo nailon y otros polímeros. Las raquetas pueden cambiar de encordado cuando sea necesario, el cual puede ser antes o después de cada partido para un profesional o nunca para un jugador social.

En la siguiente presentación se expone una alternativa para lograr que uno de los accesorios usados con mayor frecuencia en el deporte sea más práctico para su uso, tomando en cuenta las variables de material o materiales de su fabricación, costo, viabilidad, practicidad, resistencia y funcionalidad una vez realizado el cambio para su mejor.

## RESUMEN

---

En el presente texto se encuentra la investigación y valoración de la raqueta de tenis que es sin duda, es uno de los accesorios o instrumento más utilizados en el ámbito deportivo, el cual presenta algunos problemas al ser un objeto manipulado, para realizar un trabajo en el cual se necesita fuerza y agilidad, como lo es golpear una pelota que e mueve a una velocidad determinada. Como una posible solución, se planteó la mejora en la raqueta para hacerla mas factible y de mayor facilidad de uso para el deportista.

De esta forma, se evaluó el material ideal para la fabricación del producto innovado tomando en cuenta cada uno de los factores que pueden afectar su viabilidad de manera directa, así como también la función primordial del instrumento.

El resultado de la investigación y desarrollo del problema fue la implementación física de la solución más factible, planteada desde un principio, dados los requerimientos necesarios para llevarse a cabo.

## ABSTRACT

---

In the present text you will find the investigation and evaluation of the tennis racket, which is undoubtedly one of the most used accessories or instruments in the sports field, this instrument presents some problems as it is a manipulated object, to carry out work in which requires strength and agility, such as hitting a ball that moves a certain speed. As a possible solution, the improvement in the racket was proposed to make it more feasible and easier to use for the athlete.

In this way, the ideal material for the manufacture of the innovated product is evaluated considering each one of the factors that can directly affect its viability, as well as the primary function of the instrument.

The result of the investigation and development of the problem was the physical implementation of the most feasible solution, proposed from the beginning, given the necessary requirements to carry it out.

# ÍNDICE

---

INTRODUCCIÓN .....	2
RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	3
ÍNDICE .....	4
CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA .....	6
1.1 Problema .....	6
1.2 Objetivos .....	6
1.2.1 General .....	6
1.2.2 Específicos .....	6
1.3 Historia del tenis .....	7
1.4 Ergonomía del deporte .....	7
1.5 Justificación .....	9
1.6 Alcances.....	9
1.7 Impacto .....	9
1.8 Especificaciones de la raqueta de tenis .....	10
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	16
2.1 Raqueta de Tenis.....	16
2.1.1 Partes de la raqueta .....	16
2.1.2 Tipos de aro.....	17
2.1.3 Tipos de Raquetas .....	18
2.2 Evolución de los materiales en las raquetas de tenis .....	20
2.3 Materiales utilizados en la elaboración de raquetas de tenis.....	22
2.3.1 Metal .....	22
2.3.1.1 Aluminio .....	22
2.3.2 Cerámica.....	22
2.3.3 Fibra de vidrio .....	23
2.3.4 Grafito .....	23
2.3.5 Boron.....	23
2.3.6 Kevlar.....	24
2.3.7 Titanio.....	24

2.3.8 Materiales y aleaciones.....	24
2.4 Propiedades los materiales .....	24
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>26</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>28</b>
Anexo 1. Boceto .....	28
Anexo 2. Cronograma de actividades .....	29
<b>TABLAS .....</b>	<b>30</b>
Tabla 1. Clasificación de raquetas según el tamaño de la cabeza .....	30
Tabla 3. Clasificación según la longitud.....	30
Tabla 4. Clasificación de las raquetas en función de sus pesos .....	31
Tabla 5. Propiedades del acero .....	31
Tabla 6. Propiedades del aluminio .....	32
Tabla 7. Propiedades del aramis .....	32
Tabla 8. Propiedades del titanio.....	33
Tabla 9. Propiedades del vidrio .....	33
<b>FIGURAS .....</b>	<b>34</b>
Figura 1 Primeros juegos de tenis .....	34
Figura 2 Primeros instrumentos de tenis.....	34
Figura 3 Raqueta de tenis común.....	34
Figura 4 Clasificación de los deportes parlebas .....	35
Figura 5 Partes de la raqueta de tenis.....	35
Figura 6 Raqueta de tenis de madera .....	35
Figura 7 Raqueta de tenis actual.....	36
Figura 8 Tipos de raquetas .....	36
Figura 8 Evolución de la raqueta de tenis .....	36

## **CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA**

---

### **1.1 Problema**

La raqueta de tenis es una herramienta fundamental para el tenista, pero este instrumento tiene una serie de desventajas esto por el diseño y materiales que actualmente tiene, por ello se concluye que es necesario realizar ciertos cambios mismos que se tiene que establecer dentro de las especificaciones para el diseño de raquetas.

### **1.2 Objetivos**

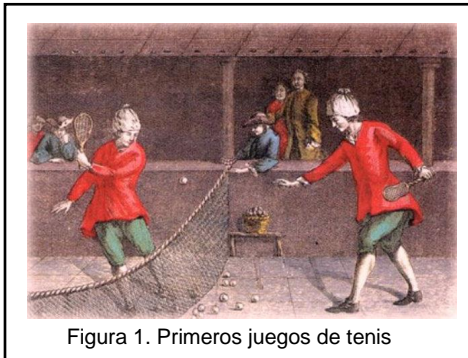
#### **1.2.1 General**

Realizar un prototipo de una raqueta de tenis que cumpla con las necesidades de los deportistas aplicando los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de las competencias del semestre

#### **1.2.2 Específicos**

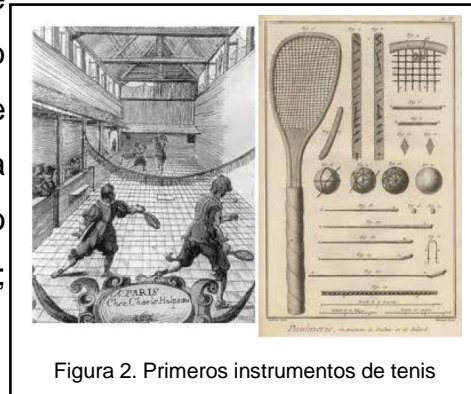
- a) Conocer cuáles son las principales desventajas de la raqueta de tenis.
- b) Realizar un análisis del diseño y materiales actuales de la raqueta de tenis.
- c) Buscar la propuesta más adecuada cumpliendo con objetivo general.
- d) Hacer un prototipo del diseño de la raqueta.
- e) Comparar el diseño actual de la raqueta común de tenis con el diseño desarrollando dentro de este proyecto

### 1.3 Historia del tenis



Según testimonio del monje alemán Caesarius de Heisterbach, el tenis parece haberse conocido en Paris alrededor de mediados del siglo XII. Desde el punto de vista lingüístico, se originó en Picardía en el norte de Francia desde donde pasó a los asentamientos Frisios más hacia el norte. Por eso en los tiempos modernos los juegos de Friesland

holandés ("keatsen"), de la isla sueca Gotland ("pärkspel") y de Saterland de Alemania (jugados hasta cerca de 1900, hoy extintos) constituyen la etapa más antigua del tenis tradicional. De ellos, el juego de Saterland se puede considerar el prototipo, y la gran antigüedad de todos puede calcularse por la ausencia en ellos del método tradicional de puntaje, de 15 en 15, (posiblemente sobre la base de la moneda francesa utilizada como apuesta, el "gros denier", gran denario inicialmente equivalente a 12, luego 15 peniques; siendo sesenta el límite en el sistema numérico francés). El método de puntaje se menciona por



primera vez en el poema político inglés "La Batalla de Agincourt" (poco después de 1415). El tenis fue deporte olímpico desde sus comienzos (Atenas, 1896), pero fue discontinuado como tal durante 64 años después de 1924; se reinstuyó finalmente en 1988 (Seúl) después de la admisión de los jugadores profesionales.

### 1.4 Ergonomía del deporte

El deporte es una actividad en la que hay deportistas, con características propias, se desenvuelven en un entorno empleando ciertos materiales, la ergonomía es una ciencia que se puede aplicar en el ámbito deportivo con el fin de mejorar el rendimiento deportivo y evitando posibles lesiones. De manera que podemos concluir que la ergonomía deportiva es "el conjunto de estudios encaminados a

aumentar el rendimiento y la salud del deportista a través de diversos métodos”. En esta línea, hay distintos tipos de ergonomía deportiva, que son los siguientes:

- Ayudas materiales: diseño de material deportivo adaptado individualmente al deportista.
- Ayudas fisiológicas: hidroterapia, termoterapia, hipoxia, entrenamiento en altura para aumentar la síntesis de glóbulos rojos, etc.
- Ayudas psicológicas: consejos de motivación, hipnosis, visualización, terapias...
- Ayudas farmacológicas: son las que más se revisan cada año, y destacan la cafeína, los suplementos en los entrenamientos, regulación de niveles nutricionales, etc.

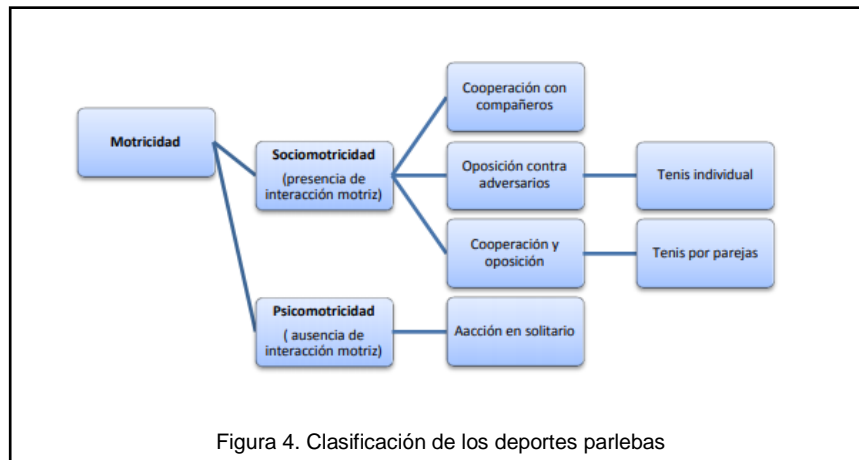
Siguiendo las aportaciones de Parlebas, y como podemos ver en la figura 4, el tenis es un deporte socio-motriz, es decir, hay una comunicación motriz. Ésta varía en las distintas modalidades, ya que se tiene que tener en cuenta que en el caso del tenis individual únicamente existe contra-comunicación motriz (comunicación con el adversario), y en el caso del tenis en pareja existe también una comunicación motriz (comunicación con el compañero).

“La técnica se basa en un patrón motor de golpeo con implemento, en el que se produce la colisión de dos objetos en movimiento (raqueta y pelota) con diferentes características morfológicas y mecánicas entre dos o cuatro jugadores, intentando emplazar la pelota en Socio-motricidad (presencia de interacción motriz) Cooperación con compañeros Oposición contra adversarios Tenis individual Cooperación y oposición Tenis por parejas Psicomotricidad ( ausencia de interacción motriz) acción en solitario, Bádminton individual, Tenis individual.



Figura 3. Raqueta de tenis común





## 1.5 Justificación

Como se puede observar en los puntos anteriores la raqueta siempre ha sido un instrumento para poder jugar tenis, pero se le han realizado distintas modificaciones a lo largo de los años con el fin de mejorar el uso de los deportistas.

Las distintas modificaciones que se han realizado básicamente eran en el material de fabricación sin embargo su diseño no sufre grandes transformaciones, pero la idea es generar un diseño ergonómico y práctico, el cual pueda ser utilizado por deportistas profesionales así para cualquier persona que juegue tenis.

## 1.6 Alcance

- a) Dar a conocer los beneficios que traerá realizar algunas modificaciones a la raqueta de tenis.
- b) Realizar un diseño digital con las modificaciones de la raqueta de tenis.
- c) Comparar el diseño actual con el diseño propuesto.
- d) Hacer un prototipo simulando los materiales para la raqueta de tenis.

## 1.7 Impacto

Dentro del ámbito deportivo el nuevo diseño propuesto de la raqueta genera gran impacto, brindando a los deportistas un mejor desempeño dentro del tenis, generando una mayor comodidad y utilidad.

Se espera que los deportistas y expertos tengan una gran aceptación por el diseño propuesto mejorando la experiencia de las personas que practican tenis. Por ello es necesario que se conozcan los diseños actuales de la raqueta convencional para que se pueda hacer un análisis general y se pueda observar el cambio de un diseño a otro.

Además de mejorar el lapso de vida teniendo beneficios para el ambiente, es decir se busca que este diseño sea amigable con el planeta buscando que los materiales deseados sean aceptados por los usuarios y puedan ser favorables dentro de los principales factores económico, ambiental e innovador.

### **1.8 Especificaciones de la raqueta de tenis**

La raqueta es el arma del tenista. Con el paso del tiempo, los avances tecnológicos, el surgimiento de nuevos materiales y las mejoras en fabricación, han permitido una evolución de las raquetas, convirtiéndolas, en un implemento cada vez más tecnológico. Los principales avances de las raquetas en relación con las raquetas más antiguas (madera, acero o aluminio) son: ligereza, mayor resistencia a la deformación, menor rigidez, mayor superficie de golpeo, consecución de una mayor velocidad de salida de la pelota, y mayor control sobre su movimiento. Estos cambios han hecho posible una evolución en la mecánica de golpeo, en el rendimiento, y en las estadísticas del juego. Dicho esto, la Federación internacional de tenis (ITF) establece un reglamento en base a las características y dimensiones de las raquetas en los siguientes cuatro apartados:

1. La raqueta consistirá en un marco y cuerdas. El marco consistirá en un mango y una cabeza, y puede que también tenga una garganta. La cabeza se define como la parte de la raqueta donde se conecta el encordado. El mango se define como la parte de la raqueta conectada a la cabeza que el jugador agarra para jugar. La garganta, cuando la haya, es la parte de la raqueta que une el mango con la cabeza.
2. La superficie de golpeo, que se define como el área principal del encordado rodeada por los puntos de entrada de las cuerdas a la cabeza será plana y consistirá en un encordado de cuerdas cruzadas, que serán entrelazadas o adheridas

alternativamente donde se cruzan. La raqueta será diseñada y encordada de tal forma que las características de juego sean idénticas en ambas caras.

3. El marco de la raqueta no excederá de 73.7 cm de longitud total y de 31.7 cm de anchura total. La superficie de golpeo o encordado no excederá de 39.4 cm de longitud total cuando se mida paralelamente al eje longitudinal del mango, y de 29.2 cm de ancho total, cuando se mida perpendicularmente al eje longitudinal del mango.

4. La raqueta estará libre de cualquier objeto adherido, protuberancia o dispositivo que haga posible cambiar materialmente la forma de la raqueta, o que pudiese alterar el momento de inercia en torno a un eje principal, o cambiar cualquier propiedad física que pueda afectar el funcionamiento de la raqueta durante el juego de un punto. Se permite utilizar objetos adheridos, protuberancias o dispositivos que se consideren tecnología de análisis del jugador, o que se utilicen para limitar o prevenir deterioros y desgarros o vibración, o en el caso del marco, para distribuir el peso. Todos los objetos, protuberancias y dispositivos permitidos para tales propósitos deben ser razonables en tamaño y ubicación. No se construirá o pegará a la raqueta ninguna fuente de energía que pueda cambiar o afectar sus características de juego.

En la figura 5 se puede ver la clasificación de las partes de la raqueta de Crespo.



Figura 5. Partes de la raqueta de tenis

Según este autor hay varios factores relacionados con la raqueta que pueden afectar a la calidad del juego, que son los siguientes:

- **El tamaño de la cabeza.** El tamaño de la cabeza es un factor importante ya que un mayor tamaño proporcionará más potencia y un punto dulce más amplio, mientras que una cabeza de menor tamaño proporciona mayor control. Para entender mejor el párrafo anterior, es importante entender el concepto de punto dulce, que es el área de la raqueta, con el que al golpear. En la pelota hay una reducción de la amplitud de la vibración, de modo que el golpeo sale a mayor velocidad, ya que la raqueta absorbe menos energía de la pelota, lo que lleva a una reducción del riesgo de lesiones. El emplazamiento en el que se encuentra el punto dulce está determinado por varios factores entre los que se incluyen el peso, el equilibrio, la longitud, el tamaño de la cabeza y la tensión del cordaje de la raqueta. No existe una clasificación oficial de las raquetas en función del tamaño de su cabeza, de modo que en el apartado de tablas (tabla 1) se puede observar una tabla de la clasificación de raquetas según el tamaño de la cabeza.
- **Grosor del marco.** El marco no incrementa el tamaño, pero si la “profundidad” de la raqueta. Las raquetas de marcos más gruesos pueden ayudar a aumentar la potencia de los golpes, pero reducen el control.
- **La garganta.** Hoy en día se emplean las raquetas con gargantas de diseño abierto, eliminando las gargantas de diseño cerrado. Esto es debido a que el diseño abierto estabiliza mejor la cabeza y agranda la superficie del punto dulce. Otro elemento importante de la garganta es la rigidez relativa de la asta (el punto donde convergen los dos lados curvos de la garganta y luego se extiende hasta el agarre), ya que afecta a las propiedades de juego de la raqueta. De manera que cuanto más rígida sea, el control incrementará.
- **El agarre o puño.** El agarre (grip) del mango es la parte que se encuentra al final de la asta de la garganta. Según Armiñana, el grosor del agarre es en función la mano del tenista. En Europa vienen catalogados por números desde el 0 al 5, mientras que en Estados Unidos las tallas van desde 4 1/8 a

4 5/8. En el apartado de tablas (tabla 2) se observa una tabla con la relación entre las tallas de Europa y Estados Unidos, así como su equivalencia en centímetros.

- **La longitud de la raqueta.** Las raquetas de mayor longitud y tamaño ofrecen mayor alcance y un poco más de potencia en los tiros, especialmente en el servicio, pero esa mayor longitud también hace a la raqueta un poco más difícil de controlar. Por lo tanto, utilizar una raqueta de mayor longitud manteniendo la velocidad de golpeo produce como resultado un golpe más potente pero menos preciso debido a la dificultad de manejo, por esta razón, la eficacia con una longitud de raqueta u otra dependerá del deportista. Si este es capaz de mantener la mecánica de golpeo se beneficiará de raquetas de mayor longitud. Las raquetas de tenis vienen en una amplia variedad de longitudes diseñadas para diferentes tipos de jugadores. En el apartado de tablas (tabla 3) se puede observar esta clasificación.
- **El peso de la raqueta.** Las raquetas de hoy en día son cada vez más livianas, debido a la disponibilidad de nuevos materiales. La mayoría de las raquetas actuales sólo pesan entre 255 y 312 gramos, sin el encordado. Es de interés saber que, cuanto más pesada es una raqueta aportará un mayor control al golpeo, por el contrario, cuanto más ligera sea mayor será el nivel de potencia. De este modo se hace una clasificación de las raquetas en función de sus pesos, mostrada en el apartado de tablas (tabla 4). Esta clasificación de las partes de la raqueta y de las propiedades que aportan al implemento en función de sus características es de mucha utilidad. Sin embargo, se considera importante explicar otros conceptos como son el equilibrio, el encordado y los distintos materiales de las raquetas.
- **El equilibrio.** El equilibrio viene determinado por la distribución del peso en cada raqueta. Se empieza a medir desde el puño hacia la cabeza. Si el punto de equilibrio se halla desplazado hacia la cabeza, la raqueta es de balance largo. Las raquetas de tenis de este tipo, generan mayor potencia porque hay más peso en la zona de impacto, por lo tanto, será más manejable, despedirá mucho más la bola, pero proporcionará un menor control. Normalmente las

raquetas de tenis con balances largos (entre 33-38 cm) suelen ser de peso ligero. Por el contrario, si el punto de equilibrio se halla desplazado hacia el puño, la raqueta es de balance corto (entre 30-32cm). Este tipo de raquetas generan mayor control, y suelen ser más pesadas.

Es decir, tal y como dice Brody cuanto mayor es la cantidad y la distancia de la masa respecto a la empuñadura (eje de giro), mayor es el momento inercia, y viceversa. El mayor momento inercia se traduce en una mayor demanda energética para realizar el movimiento de la raqueta y un menor retroceso tras el golpe que produce un incremento de la potencia debido a la mayor inercia de rotación. Por lo tanto, raquetas con un equilibrio largo van a favorecer una mayor potencia, sin embargo, las raquetas con el equilibrio más cercano al puño van a permitir un mayor control.

- **Encordado.** Otro elemento importante a la hora de conseguir precisión y velocidad en los golpes es el encordado de la raqueta, la función de este es absorber una gran parte de la energía cinética de la pelota, para más tarde, retomar una fracción de esa energía de vuelta a la pelota. Por otro lado, algunas investigaciones han considerado que encordados flojos absorben más potencia y encordados más tensos permiten más control y precisión sobre la pelota. Dentro del encordado un elemento es el patrón del encordado, que se trata del número de cuerdas verticales y horizontales que conforman la superficie del marco. El patrón es cerrado: (raquetas de control) Si el espacio entre cuerdas es pequeño porque hay mayor número de cuerdas. El patrón es abierto: (raquetas de potencia) si el espacio entre las cuerdas es más ancho, y hay un menor número de cuerdas. En este caso la raqueta generará más potencia, será capaz de transmitir más efectos a la bola y proporcionará una sensación de confort al jugador. Otro elemento del encordado es el material con el que está fabricado, en este punto Cross30 dice que existen cuatro tipos de materiales en el mercado: cuerda natural, nylon, polyester y kevlar, en orden creciente de su rigidez dinámica. El tipo de encordado más común en el mercado es el nylon, que está disponible en diversas formas dependiendo de si es construido como un único filamento o

por diversos filamentos de pequeño diámetro, y por si contiene otros materiales o resinas es su composición. Los diferentes métodos de construcción de los encordados de nylon cuentan con una pequeña variedad en sus propiedades, Sin embargo, al comparar este material con la cuerda natural o el polyester nos encontramos con que no existe ninguna coincidencia. En la misma línea, Los encordados de kevlar, presentan grandes diferencias, ya que es un material muy rígido y sufre una mayor pérdida de tensión que otros materiales. Desde este punto de vista, las diferencias entre los dos tipos de encordado de nylon son relativamente pequeñas en comparación con la gran diferencia entre los encordados de nylon y los demás tipos.

- **Materiales de las raquetas.** En cuanto a los materiales empleados para fabricar las raquetas, cabe decir que han sufrido una notable evolución. Las primeras raquetas estaban hechas de madera hasta que en 1967 Wilson Sporting Goods introdujo las primeras y populares raquetas metálicas T2000, más fuertes y ligeras que las de madera, a partir de entonces fueron surgiendo nuevos materiales que ofrecían mayores posibilidades a los tenistas. De ese modo, en 1980 únicamente se distinguían 2 tipos de raquetas: por un lado, las más baratas fabricadas de aluminio y por otro las más caras de grafito o compuestos. La madera ya no podía ofrecer nada que otros materiales no pudieran mejorar. La evolución de los materiales ha llevado a que hoy en día exista una gran variedad de materiales que ofrecen diversas propiedades a las raquetas, permitiendo así una mayor especificidad para las características de cada tenista, hoy en día los materiales empleados son los siguientes:

- Acero
- Aluminio y aleaciones de Aluminio
- Aramis (Reblar)
- El grafito
- Titanio
- Vidrio



Figura 6. Raqueta de tenis de madera

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Raqueta de Tenis

Es un instrumento que se utiliza en dicho deporte para golpear a la pelota de tenis se componen de un mango que sujeta unas cuerdas tensadas y cruzadas en forma de red o caucho que lo cubre. En la figura 7 se puede observar la raqueta actual.

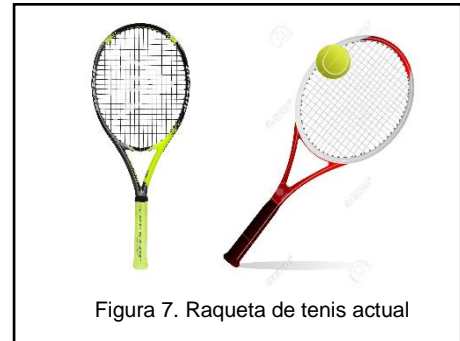


Figura 7. Raqueta de tenis actual

#### 2.1.1 Partes de la raqueta

##### Cabeza o arco

Es de forma ovalada, donde tenemos el cordaje y tiene dos caras, por las que podemos golpear indistintamente. El tamaño de la cabeza de la raqueta influye en la potencia que darás a los golpes. Suele clasificarse en:

- Mid-size: hasta 95 pulgadas cuadradas = 613 cms cuadrados de superficie.
- Mid-plus: hasta 105 pulgadas cuadradas = 677 cms cuadrados de superficie.
- Super Mid-Plus: hasta 115 pulgadas cuadradas.
- Over-size: Por encima de las 115 pulgadas cuadradas.

##### Cordaje

Está formado normalmente por uno o dos trozos de cuerda que van unidos a la raqueta y entrelazadas entre sí.

##### Cuello o corazón

Parte que une la cabeza con el puño y por donde se suele coger la raqueta con la mano izquierda, de un jugador diestro, para hacer los cambios de empuñaduras y estar en una posición de equilibrio mientras esperas el golpe del rival. Por su parte interior suele haber información acerca del peso, balance, patrón de encordado,



tensión recomendada de las cuerdas, tamaño de la cabeza, largo, nivel de potencia, etc.

### **Puño**

Es donde se agarra la raqueta con la mano dominante, derecha para los diestros e izquierda para los zurdos. En cuanto al grosor del puño suelen venir de diferentes grosores en función del tamaño de la mano del jugador que empuña la raqueta.

### **Marco o caña**

Es lo que forma el cuerpo de la raqueta y suele tener diferentes "perfiles". Estos diseños de perfiles vienen en función del tipo de jugador que vaya a jugar con ella.

### **Talón del puño**

Es la parte trasera de la raqueta por donde suele tener el logo de la marca de la misma y podrías ponerla en pie si la apoyaras sobre una superficie plana. Su función es meramente decorativa y de terminaciones. En las raquetas actuales, el tamaño del puño viene impreso en el talón de la raqueta.

#### **2.1.2 Tipos de aro**

El tamaño del aro de la raqueta también determina cuánta potencia produce una raqueta. Las raquetas con aros más grandes producen más fuerza que las raquetas que tienen el aro más pequeño. Sin embargo, las raquetas de tenis con aros más pequeños son más fáciles de controlar, especialmente para jugadores que impactan con potencia por sí mismos.

Raquetas con aro super extra grande "super oversize": raquetas con aro super extra grande con 116 a 135 pulgadas de aro, toleran mejor las imprecisiones que raquetas con otros tipos aro. Sin embargo, producen demasiada potencia para la mayoría de los jugadores de tenis.

Raquetas de aro extra grande "oversize": raquetas con aro extra grande tienen aros que miden de 100 a 115 pulgadas. Este tamaño de raqueta posee un encordado grande que ayuda a los principiantes a obtener golpes sólidos.

Raquetas de aro mediano plus "midplus / midover": raquetas con aro mediano plus poseen aros dentro del rango de las 95 a 105 pulgadas. Éstas son una buena elección para jugadores que buscan una raqueta "control" que provea mayor potencia.

Raquetas de aro mediano "midsize": raquetas con aro mediano tienen aros en un rango que va de 80 a 93 pulgadas. Ellas tienen una superficie de impacto menor que las midplus y las oversize. Los tenistas intermedios y avanzados eligen raquetas de tenis con aro mediano más que oversize porque a pesar de que requieren mayor precisión, también le dan al jugador más control.

Raquetas de aro standard: raquetas de tenis con aro menor a 80 pulgadas (por lo general 66 pulgadas), entran dentro de la categoría Raquetas de Tenis "Retro".  
Raquetas de aro standard: Las raquetas de tenis con aro menor a 80 pulgadas (por lo general 66 pulgadas), entran dentro de la categoría Raquetas de Tenis "Retro".

### **Largo**

Las raquetas de tenis vienen en una amplia variedad de longitudes diseñadas para diferentes tipos de jugadores.

Raquetas de tenis infantiles: las raquetas infantiles van desde las 21 pulgadas 54cm hasta las 26 pulgadas 66cm.

Raquetas de tenis standard: las raquetas tamaño standard suelen medir 27 pulgadas 68cm de largo, pero pueden llegar en algunos casos hasta las 28 pulgadas 71cm.

Raquetas de tenis largas: estas raquetas largas que miden entre 28.5 y 29 pulgadas 72-73cm, dentro de las medidas reglamentarias. Estas raquetas largas permiten alcanzar más lejos, ofrecen un poco más de potencia que las de medida standard

### **2.1.3 Tipos de Raquetas**

En la figura 8 se pueden observar algunos de los tipos de raqueta.

### **RAQUETAS DE TENIS DE POTENCIA**

Como habrás adivinado, las raquetas de tenis de potencia ayudan a los jugadores a golpear la pelota de forma más agresiva con menos esfuerzo. Como resultado, estos tipos de raquetas de tenis a menudo se clasifican y recomiendan para principiantes que aún no han desarrollado la técnica, forma y habilidad adecuadas para generar su propia potencia. Sin embargo, este tipo de raqueta de tenis también pueden ser una gran opción para jugadores más pequeños o para hombres y mujeres que simplemente no tienen mucha fuerza y luchan para generar una potencia adecuada

### **RAQUETAS DE TENIS DE CONTROL**

En muchos sentidos, las raquetas de control (a menudo denominadas raquetas de jugadores avanzados) son lo opuesto a las raquetas de potencia. Con este segmento de los tipos de raquetas de tenis, los jugadores pierden gran parte de la potencia generada por las raquetas de potencia a cambio de control y la capacidad de colocar la pelota con mayor precisión.

### **RAQUETAS PARA JUGADORES INTERMEDIOS**

En este punto, probablemente no habrá sorpresas con este tipo de raqueta. Las raquetas de tenis para intermedios son una categoría de los tipos de raquetas de tenis que se encuentran en algún punto entre las raquetas de potencia y control.

### **RAQUETA DE POTENCIAL**

- Una cabeza sobredimensionada
- Grande en longitud
- Marco rígido
- Construcción más ligera

### **RAQUETA DE CONTROL**

- Una cabeza más pequeña
- Más cortas en longitud

- Marco flexible
- Construcción más pesada

### **RAQUETA PARA JUGADORES INTERMEDIOS**

- Cabeza mediana
- Longitud mediana
- Materiales semi-rígidos
- Normalmente no muy pesadas



Figura 8. En esta figura se pueden observar 3 tipos distintos de raquetas, destacando que siguen el mismo patrón y solamente cambian algunos detalles.

### **2.2 Evolución de los materiales en las raquetas de tenis**

La estructura de madera no sufrió ningún cambio “significativo” hasta 1967, cuando Wilson Sporting Goods introdujo las primeras y populares raquetas metálicas T2000. Más fuertes y ligeras que las de madera, se convirtieron en un éxito de ventas. En la figura 9 se puede observar la evolución de la raqueta de tenis.

Jimmy Connors fue el usuario más reconocido, llegando a la cima durante la década de los 70, utilizando la raqueta metálica de cabeza pequeña y cuello largo. IV Congreso Mundial de Ciencia y Deportes de Raqueta En 1976, Howard Head, trabajando con la marca Prince introdujo la primera raqueta oversize que gozó de gran popularidad, la Prince Classic.

Weed USA tomaron nota sacando otra raqueta oversize en el año 1975. Las raquetas Weed no tuvieron gran acogida, mientras la Prince Classic y la Prince Pro fueron tope de ventas. Ambas con estructura de aluminio y una cabeza un 50% más grande que las habituales de madera, de 65 pulgadas.

El peso más ligero, un mayor “punto dulce”, y el grandioso incremento de potencia de esta primera raqueta oversize hizo el tenis más fácil para los principiantes; pero para los jugadores más avanzados y potentes, la mezcla de flexibilidad y potencia de la estructura no fue tan ventajosa, puesto que los golpes fuertes y descentrados podían deformar momentáneamente la estructura de la raqueta y los golpes salir descontrolados.

Los jugadores más avanzados necesitaban una raqueta más rígida, el material más beneficioso para ello fue una mezcla de fibra de carbono con unas resinas plásticas para unirlos, este nuevo material se denominó grafito, aunque no era como el que podemos encontrar en un lápiz.

El distintivo de una buena raqueta era que estuviera construida de grafito. En 1980 se distinguían 2 tipos de raquetas: por un lado, las más baratas fabricadas de aluminio y por otro las más caras de grafito o compuestos.

La madera ya no podía ofrecer nada que otros materiales no pudieran mejorar, exceptuando el valor para los coleccionistas de antigüedades. Las dos propiedades fundamentales de una raqueta son la rigidez y la ligereza.

El grafito es el material más común para una raqueta rígida, la tecnología para conseguir mayor rigidez sin aumentar el peso continúa mejorándose.

Probablemente la más famosa de las primeras raquetas de grafito sea la Dunlop Max 200G, usada por John McEnroe y Steffi Graf.

Su peso en 1980 era de 12.5 onzas, 360 gr. Pasados veinte años el peso medio de las raquetas disminuyó hasta las 10.5 onzas, 300 gramos llegando algunas a las 7 onzas, 200 gr. Nuevos materiales como cerámicas, fibras de vidrio, boron, titanio y Kevlar, están siendo probadas constantemente, casi siempre mezclados con grafito.

Hoy día, el desarrollo de ingeniería en las raquetas ha llegado a un nivel en el que, el rendimiento es tan importante que, por medio de sensores, ya existen raquetas "conectadas", como las que integran la serie "Babolat Play", o los dispositivos que,

en algunas raquetas de Wilson, se adjuntan a la base del grip, para medir lo que la raqueta realiza durante las sesiones que hace su portador.



## 2.3 Materiales utilizados en la elaboración de raquetas de tenis

### 2.3.1 Metal

En 1967, fueron introducidas raquetas de aluminio y acero. Los marcos de aluminio eran más rígidos, proporcionaban más control y eran más ligeros que los de madera.

Las estructuras de acero eran más resistentes, pero tenían peor control sobre la pelota. La combinación de estos dos materiales conseguía raquetas de mayor durabilidad y poder, pero carentes de la capacidad para absorber las vibraciones a consecuencia de su diseño.

#### 2.3.1.1 Aluminio

El metal más popular debido a su coste, poco peso, rigidez moderada y facilidad de proceso. Es el material indicado para los jugadores que quieren flexibilidad en su raqueta y no tienen suficiente precisión y potencia.

Actualmente se combina también con el grafito en las raquetas llamadas de aleación.

### 2.3.2 Cerámica

Es una fibra relativamente moderna procedente de la familia de las cerámicas, muy rígida y con excelentes propiedades en la reducción de vibraciones.

Tiene el inconveniente de ser demasiado pesada y muy costosa de fabricar.

### **2.3.3 Fibra de vidrio**

Surge a principios de los 70. Es un elemento básico en la industria debido a su resistencia y a su bajo coste.

Los constructores desarrollaron una primera composición de raquetas a través de la combinación de estas con el aluminio. Es algo pesada, pero su resistencia a los impactos es excelente. Se trata del complemento ideal del grafito.

Nunca podría constituir por sí sola un marco, ya que sería demasiado flexible.

### **2.3.4 Grafito**

El grafito es usado en el marco de las raquetas ya que es la fibra ideal para dotar de rigidez a un marco y se suele combinar con otras fibras.

Es un compuesto de cadenas moleculares de carbono alineadas que producen una fibra muy rígida y ligera. El grafito proporciona rigidez y dureza a las resinas plásticas con las que se mezcla. El grafito es el material más común en las raquetas de precio medio-alto.

Cuando una raqueta está hecha de resina y grafito únicamente, se dice que es 100% grafito aun cuando el 40% es resina. Si se añaden otros materiales estamos hablando de compuestos. 4.7. Compuestos: La base de estos materiales está hecha generalmente de grafito y fibra de vidrio, y a veces, de otros materiales como el titanio y el kevlar mezclados con una resina plástica.

La rigidez y el coste de los materiales compuestos varía dependiendo de la mezcla exacta de los materiales.

### **2.3.5 Boron**

Se produce depositando elementos de boron sobre filamentos de tungsteno en un ambiente de alta temperatura.

El resultado es una fibra muy rígida, pero excesivamente cara. Se suele usar como refuerzo local y en cantidades muy pequeñas.

### **2.3.6 Kevlar**

Fibra de rigidez moderada, muy ligera, resistente a los impactos y con propiedades de reducción de vibraciones.

Por todo ello se usa como elemento de refuerzo en puntos críticos de la estructura del marco.

### **2.3.7 Titanio**

El titanio es un metal utilizado en los marcos de las raquetas porque ofrece una buena relación entre rigidez y peso, es una combinación de fibras ultra fuertes de titanio con fibras ultraligeras de grafito.

La dureza depende de la orientación de las fibras. Lo primero que hay que saber es que no es el titanio lo que ha hecho a estas raquetas tan ligeras y manejables. El grafito es 2.7 veces más ligero que el titanio y 2.8 más rígido.

Las raquetas de titanio normalmente contienen menos del 5 % del total de la mezcla, algunos modelos utilizan sólo un 1%, eso sí situado en puntos estratégicos del marco de la raqueta.

### **2.3.8 Materiales y aleaciones**

Es importante la elección de la aleación de material más apropiada. Los más comunes son titanio y grafito. El grafito es una fibra de carbono muy ligera y resistente, y el titanio, más pesado, suele usarse en menores proporciones junto al primero. Materiales complementarios son el kevlar, de origen militar, y usado como refuerzo estratégico, el aluminio, muy ligero y la fibra de vidrio, que es la más flexible, ideal maridaje con el grafito. El material más moderno es el d3o, un material futurista que cambia sus prestaciones según la necesidad actual, y que hace más fuertes los golpes violentos y suaviza los sostenidos. Sin embargo, se trata del material más caro.

## **2.4 Propiedades los materiales**

En esta sección se ubican tablas indicativas de los principales materiales utilizados en la fabricación de las raquetas de tenis. En el apartado de tablas (tablas 5-9) se



encuentran los datos más relevantes con el fin de tener un amplio panorama de estos materiales.

Como se puede notar el material que predomina en la fabricación de raquetas son los metales dado que tiene buena resistencia a la fricción y a los movimientos que son ejecutados a la hora de realizar algún deporte de raqueta, además de ser ligero. Por lo tanto, la principal diferencia de utilizar uno u otro material va a ser el costo que tenga producir el producto, ya al ser diferentes los materiales se tienen propiedades diferentes que pueden hacer que el proceso sea más tardado en realizarse o que requiera de un mayor esfuerzo.

## CONCLUSIÓN

---

Concluyendo con la investigación realizada previamente podemos percatarnos de la importancia que tienen los materiales y sus propiedades en los deportes, así como en las actividades que realizamos cotidianamente, ya que las propiedades no solo están presentes en las actividades deportivas si no en cada objeto, utensilio u accesorio que empleamos, ya que estos son fabricados con algún material, y tomándose en cuenta las características del material, y sus características mecánicas principalmente.

Este trabajo es importante debido a que los ingenieros de manera cotidiana aplican procesos para diseños, construcción, producción o manufactura, y para esto se utilizan materiales y analizar las fallas de los mismos, un ingeniero debe saber tomar decisiones al seleccionar los materiales a incorporar en un diseño incluyendo si los materiales pueden ser transformados de manera consciente en un producto con tolerancias dimensionales correctas y manteniendo una forma concreta durante su uso, también se tiene que considerar si este material es compatible con otras partes de un ensamble ya que muchos materiales no son capaces o no son buenos uniéndose entre sí. Una parte importante es si el material puede ser un material económico y útil para utilizarse y comercializarse; para todo esto es necesario conocer las características propiedades y ventajas que tiene el material en comparación a otro, es por eso que este trabajo es importante para un ingeniero industrial.

Lo que nosotros hicimos fue poner todo esto a prueba realizando el prototipo y el diseño de lo que es la raqueta de tenis mejorada para uso y mayor rendimiento deportivo, para una mejor facilidad de manejo y una resistencia y durabilidad de la raqueta al ser utilizada.

## REFERENCIAS

---

*Asociación internacional de ergonomía [Internet]. 2015 [citado 18 September 2015]. Disponible en: <http://www.ergonomos.es/>*

*López J. La ergonomía en el deporte [Internet]. SportAdictos. 2014 [citado 1 October 2015]. Disponible en: <http://sportadictos.com/2014/01/ergonomia-deldeporte>*

*Martínez B. Historia y evolución del Tenis. Materiales para la historia del deporte. 2013; 52*

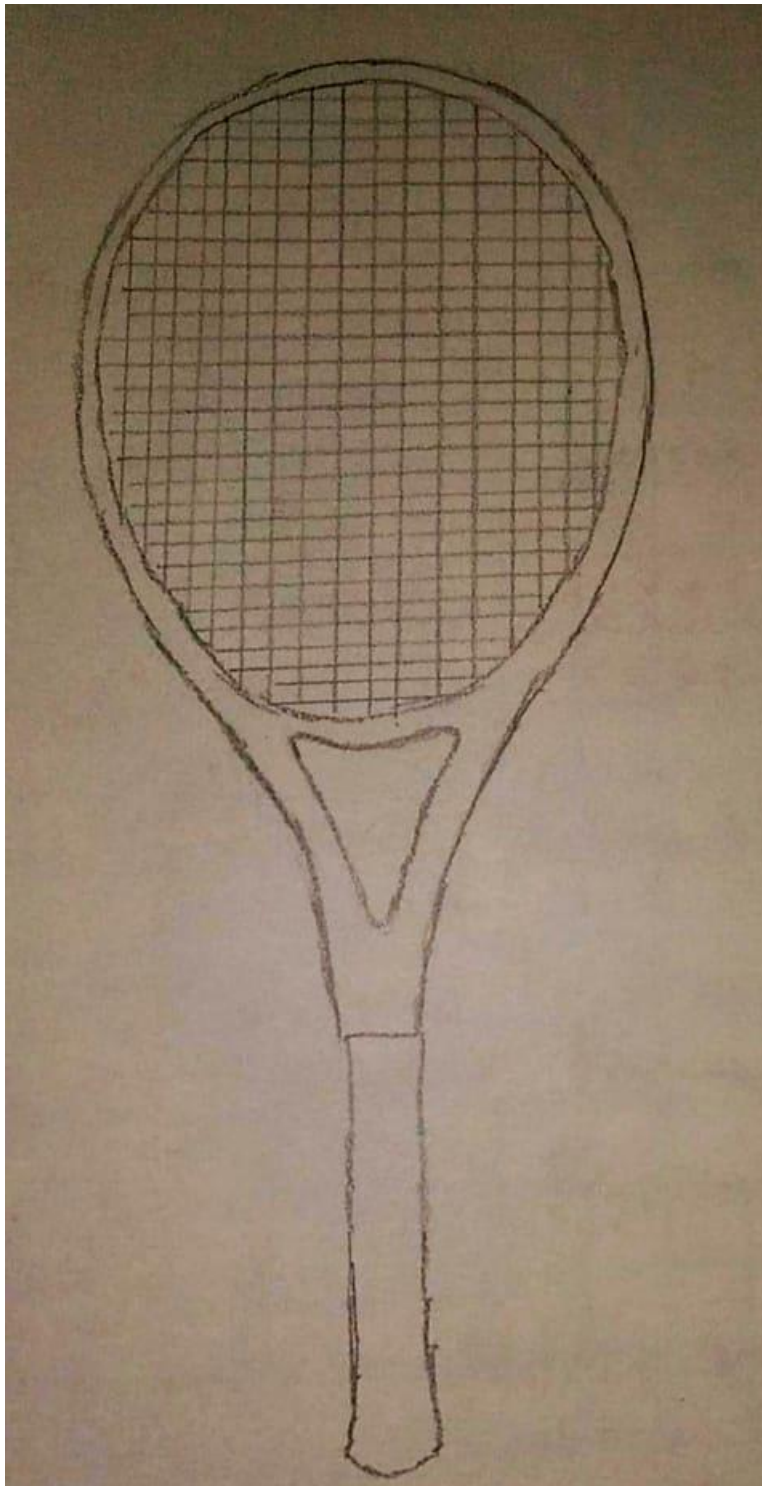
*Ashley S. High-tech racquets hold court. Mechanical Engineering. 1993; 115(8):50-55.*

*Brody H. Physics of the tennis racket. Am J Phys. 1979; 47(6):482.*

## ANEXOS

---

### Anexo 1. Boceto



## Anexo 2. Cronograma de actividades

Actividad	Semana							
	Estimado/Real	1	2	3	4	5	6	7
Plantear problema	Estimado							
	Real							
Boceto del prototipo	Estimado							
	Real							
Realizar el marco de referencia	Estimado							
	Real							
Hacer marco teórico	Estimado							
	Real							
Plantear metodología	Estimado							
	Real							
Análisis de resultados	Estimado							
	Real							
Fabricación de prototipo	Estimado							
	Real							
Presentar prototipo	Estimado							
	Real							

## TABLAS

---

**Tabla 1. Clasificación de raquetas según el tamaño de la cabeza**

Tamaño de la cabeza	Centímetros cuadrados
Midsize	548-593
Midplus	594-677
Oversize	678-741
Super OS	Mayor de 742

**Tabla 2. Tallas de puño de las raquetas de tenis**

Europa	EEUU	CM
#1	$4\frac{1}{8}$	10,3-10,6
#2	$4\frac{1}{4}$	10,6-10,9
#3	$4\frac{3}{8}$	10,9-11,2
#4	$4\frac{1}{2}$	11,2-11,5
#5	$4\frac{5}{8}$	11,5-11,8

**Tabla 3. Clasificación según la longitud**

Tipo	Medida en cm
Raqueta infantil	54-66
Raqueta standard	68-71
Raqueta larga	72-73

**Tabla 4. Clasificación de las raquetas en función de sus pesos**

Tipo	Peso en gramos
Muy pesada	Más de 320
Pesada	Entre 300-319
Peso estándar	Entre 280-299
Algo ligera	Entre 260-279
Ligera	Entre 240-259
Muy ligera	Entre 220-239
Super ligera	Menos de 220

**Tabla 5. Propiedades del acero**

Norma	Calidades	Límite elástico mínimo $R_{eH}$						Resistencia a la tracción $R_m$		Alargamiento mínimo A $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$ %				Ensayo de flexión por choque	
		MPa						MPa						Temperatura	Energía mín. absorbida
		Espesor nominal (mm)						Espesor nominal (mm)		Espesor nominal (mm)				°C	J
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤125	>3 ≤100	>100 ≤125	>3 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤100	>100 ≤125		
EN 10025-2: 2004	S235JR													+20	27
	S235J0	235	225		215		195	360-510	350-500	26	25	24	22	0	27
	S235J2*													-20	27
	S275JR													+20	27
	S275J0	275	265	255	245	235	225	410-560	400-540	23	22	21	19	0	27
	S275J2*													-20	27
	S355JR													+20	27
	S355J0													0	27
	S355J2	355	345	335	325	315	295	470-630	450-600	22	21	20	18	-20	27
	S355K2													-20	40
S450J0	450	430	410	390	380	380	550-720	530-700	17				0	27	
E295*	295	285	275	265	255	245	470-610	450-610	20	19	18	16			
E335*	335	325	315	305	295	275	570-710	550-710	16	15	14	12			
E360*	360	355	345	335	325	305	670-830	650-830	11	10	9	8			

**Tabla 6. Propiedades del aluminio**

Aleación	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Alargamiento (%)	Módulo elástico (GPa)	Resistencia a tracción (MPa)	Límite elástico (MPa)	K <sub>IC</sub> (MPa m <sup>1/2</sup> )
2090 T83	2,59	3-6	76	503	517	44
2091 T651	2,58	6	75	520	440	40
2050 T84	2,70	8	76,5	503	476	36
2195 T3R78	2,64	-	76	415 - 460	300 - 343	40
2198 T8	2,64	8	77	510	469	42
2199 T8E80	2,64	8,5	77	400	345	42
8090-T8	2,55	4,5	77	480	375	-

**Tabla 7. Propiedades del aramis**

Aleación	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Alargamiento (%)	Módulo elástico (GPa)	Resistencia a tracción (MPa)	Límite elástico (MPa)	K <sub>IC</sub> (MPa m <sup>1/2</sup> )
2090 T83	2,59	3-6	76	503	517	44
2091 T651	2,58	6	75	520	440	40
2050 T84	2,70	8	76,5	503	476	36
2195 T3R78	2,64	-	76	415 - 460	300 - 343	40
2198 T8	2,64	8	77	510	469	42
2199 T8E80	2,64	8,5	77	400	345	42
8090-T8	2,55	4,5	77	480	375	-



## Tabla 8. Propiedades del titanio

**TABLA 5 Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de titanio**

Datos de INCO.\* Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de los materiales para información más precisa

Aleación de titanio	Estado	Limite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell o Rockwell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
Ti-35A	recocido en hoja	30	207	40	276	30	135HB
Ti-50A	recocido en hoja	45	310	55	379	25	215HB
Ti-75A	recocido en hoja	75	517	85	586	18	245HB
Aleación Ti-0.2Pd	recocido en hoja	45	310	55	379	25	215HB
Aleación Ti-5 Al-2.5 Sn	recocido	125	862	135	931	13	39HRC
Aleación Ti-8 Al-1 Mo-1 V	recocido en hoja	130	896	140	965	13	39HRC
Aleación Ti-8 Al-12 Sn-4 Zr-2 Mo	recocido en barra	130	896	140	965	15	39HRC
Aleación Ti-8 Al-6 V-2 Sn	recocido en hoja	155	1 069	165	1 138	12	41HRC
Aleación Ti-6 Al-2 V	recocido en hoja	130	896	140	13	2.5	39HRC
Aleación Ti-6 Al-4 V	tratamiento térmico	165	1 138	175	1 207	12	-
Aleación Ti-13 V-11 Cr-3 Al	recocido en hoja	130	896	135	931	13	37HRC
Aleación Ti-13 V-11 Cr-3 Al	tratamiento térmico	170	1 172	180	1 241	6	-

\* *Properties of Some Metals and Alloys*, International Nickel Co., Inc., Nueva York.

## Tabla 9. Propiedades del vidrio

Propiedades	Fibras de vidrio				
	Vidrio E	Vidrio R	Vidrio ECR	Advantex®	Vidrio S
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	2620	2550	2670	2620	2480
Coefficiente de dilatación [K <sup>-1</sup> ]	5,4·10 <sup>-6</sup>	4,1·10 <sup>-6</sup>	5,9·10 <sup>-6</sup>	6,0·10 <sup>-6</sup>	2,0·10 <sup>-6</sup>
Viscosidad:					
- Punto de reblandecimiento [°C]	850	950	880	915	1050
Resistencia a la tracción [MPa]	3450	3400	3450	3500	4890
Módulo de elasticidad [GPa]	72,0	85,0	72,0	81,0	87,0
Alargamiento [%]	4,8	4,6	4,8	4,6	5,7
Índice de permitividad a 1 MHz	6,6	6,0	6,9	6,8	5,3

## FIGURAS

---

### Figura 1 Primeros juegos de tenis

Ubicado en la sección marco de referencia, página 7



### Figura 2 Primeros instrumentos de tenis

Ubicado en la sección marco de referencia, página 7



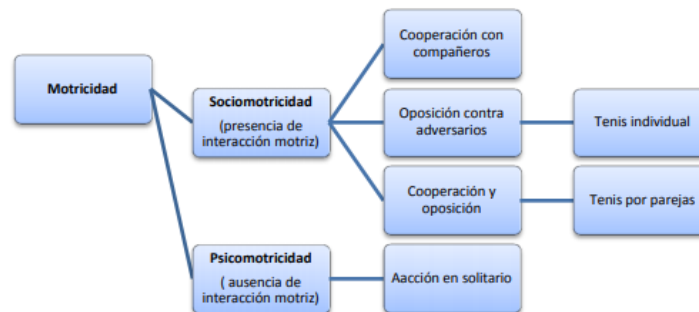
### Figura 3 Raqueta de tenis común

Ubicado en la sección marco de referencia, página 8



### Figura 4 Clasificación de los deportes parlebas

Ubicado en la sección marco de referencia, página 9



### Figura 5 Partes de la raqueta de tenis

Ubicado en la sección marco de referencia, página 11



### Figura 6 Raqueta de tenis de madera

Ubicado en la sección marco de referencia, página 15



### Figura 7 Raqueta de tenis actual

Ubicado en la sección marco teórico, página 16



### Figura 8 Tipos de raquetas

Ubicado en la sección marco teórico, página 20



### Figura 9 Evolución de la raqueta de tenis

Ubicado en la sección marco teórico, página 22

