

1-1-2015

# Comparación de resistencia al impacto en lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67 con y sin tratamiento anti-reflejo

Andrea Cadena Ramírez  
*Universidad de La Salle*

Luisa Fernanda Niño Manosalva  
*Universidad de La Salle*

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria>

---

## Citación recomendada

Cadena Ramírez, A., & Niño Manosalva, L. F. (2015). Comparación de resistencia al impacto en lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67 con y sin tratamiento anti-reflejo. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria/213>

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias de la Salud at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Optometría by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

**COMPARACIÓN DE RESISTENCIA AL IMPACTO EN LENTES OFTÁLMICOS  
CON ÍNDICE DE REFRACCIÓN 1.67 CON Y SIN TRATAMIENTO ANTI-  
REFLEJO.**

**CADENA RAMÍREZ LIESSE ANDREA  
NIÑO MANOSALVA LUISA FERNANDA**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD EN CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA OPTOMETRÍA  
BOGOTA D.C.  
2015**

**COMPARACIÓN DE RESISTENCIA AL IMPACTO EN LENTES OFTÁLMICOS  
CON ÍNDICE DE REFRACCIÓN 1.67 CON Y SIN TRATAMIENTO ANTI-  
REFLEJO.**

**CADENA RAMÍREZ LIESSE ANDREA  
NIÑO MANOSALVA LUISA FERNANDA**

**Trabajo De Grado**

**Director de Tesis:  
DR. JIMMY FERNANDO REYES DOMINGUEZ  
OPTÓMETRA**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD EN CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA OPTOMETRÍA  
BOGOTA D.C.  
2015**

Trabajo presentado a la Facultad De Ciencias De La Salud programa Optometría de la Universidad De La Salle. Bogotá, Colombia como requisito para obtener el título de optómetra.

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

Director De Tesis

---

Jurado

---

Jurado

## **DEDICATORIA**

Hoy 12 de noviembre del 2015 primero DEBO Y QUIERO darle gracias a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida mis estudios profesionales; porque ha sido un camino arduo de altibajos, donde he logrado vencer muchas dificultades, entre ellas la más dura de todas la partida de mi mami, quien fue el ser que me dio la vida y me brindó la oportunidad de poder estudiar esta hermosa carrera como lo es la optometría. A ti mami te dedico este logro, porque fuiste, eres y serás en mi vida la fuerza interna que me ayuda a seguir adelante, por eso este logro más que para mí es para ti mamita.

En segunda instancia quiero dedicárselo a mi hermana quien ha sido mi única compañía durante toda mi vida, a mi hermosa hija que en este último año se ha convertido en la felicidad infinita de nuestro hogar.

Para terminar le doy gracias a Fernanda Niño mi compañera de tesis por tomar la decisión de subirse en este tren sin importar las circunstancias en las que yo estaba, todos esos compañeros y docentes que aportaron esos granitos de arena para convertirme en profesional en optometría.

Gracias a todos.

**ANDREA CADENA**

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por la vida, y dedico este trabajo a mis padres y hermanos por su apoyo infinito, a mis amigos por cada experiencia y a la universidad por esta oportunidad de permitirme ser OPTOMETRA LASALLISTA.

**FERNANDA NIÑO M.**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Resumen</b>	<b>11</b>
<b>2. Formulación del problema</b>	<b>12</b>
<b>3. justificación</b>	<b>12</b>
<b>4. marco teórico</b>	<b>14</b>
4.1. Materiales en lentes oftálmicos	14
4.2. Clasificación de los materiales	14
4.2.1. Bajo índice de refracción	14
4.2.2. Medio índice de refracción	14
4.2.3. Alto índice de refracción	14
4.3. Propiedades físicas de los materiales de los lentes oftálmicos	14
4.3.1. Transparencia	14
4.3.2. Densidad	14
4.3.3. Conductividad térmica	14
4.3.4. Elasticidad y resistencia mecánica	14
4.3.5. Dureza	15
4.3.6. Tinción	15
4.4. Resistencia al impacto	15
4.4.1. Características que definen la resistencia al impacto	15
4.4.1.1. Material del lente	15
4.4.1.2. Espesor central	15
4.4.1.3. Aplicaciones de tratamientos adicionales	16
4.4.1.4. Formula del lente	16
4.5. Elementos que alteran la resistencia al impacto	16
4.5.1. Químicos	16
4.5.2. Altas temperaturas	16
4.6. Propiedades ópticas de los materiales en lentes oftálmicos	16
4.6.1. Refracción	16
4.6.2. Dispersión relativa: número ABBE	16
4.6.3. Trasmisión. Absorción y reflexión	16
4.7. Índice de refracción	17
4.8. Reflexión	17
4.9. Tratamientos en lentes oftálmicos	18
4.9.1. Antirreflejo	18
4.9.1.1. Adaptación tratamiento antirreflejo	18
4.9.1.2. Químicos, tiempos y temperatura para adaptación de la capa antirreflejo	19
4.9.1.2.1. Limpieza del lente	19
4.9.1.2.2. Aplicación de la capa antirreflejo	19
4.10. Medición de la resistencia al impacto	20
4.10.1. Técnicas de medición	20
4.11. Fractura del lente.	21
4.12. Drop Ball Test	21
4.13. Prototipo Drop Ball Test: Universidad de la Salle	21
<b>5. Hipótesis</b>	<b>22</b>

<b>6. Objetivos</b>	<b>22</b>
<b>7. Materiales y Métodos</b>	<b>23</b>
7.1. Metodología	23
7.2. Materiales	24
7.3. Métodos	25
7.3.1. Control de calidad	26
7.3.2. Pruebas de resistencia al impacto	27
7.3.3. Análisis de resultados	28
<b>8. Metodología</b>	<b>29</b>
<b>9. Análisis de Resultados</b>	<b>29</b>
<b>10. Discusión</b>	<b>31</b>
<b>11. Conclusiones</b>	<b>32</b>
<b>12. Bibliografía</b>	<b>33</b>



## **CONTENIDO DE TABLAS**

<b>TABLA N.1:</b> índice de refracción según material	<b>17</b>
<b>TABLA N.2:</b> control de calidad	<b>29</b>
<b>TABLA N.3:</b> resistencia al impacto en lente de prueba	<b>29</b>
<b>TABLA N .4:</b> frecuencias observadas	<b>31</b>
<b>TABLA N.5:</b> frecuencias esperadas	<b>31</b>
<b>TABLA N.6:</b> cambios en la superficie del lente	<b>31</b>

## **CONTENIDO DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1:</b> reflexión de la luz	<b>18</b>
<b>FIGURA 2:</b> sistema caída de masa	<b>20</b>

## **CONTENIDO GRAFICA**

**Grafica 1:** Lentes Sin Ar Vs Lentes Con Ar

**30**

# COMPARACIÓN DE RESISTENCIA AL IMPACTO EN LENTES OFTÁLMICOS CON ÍNDICE DE REFRACCIÓN 1.67 CON Y SIN TRATAMIENTO ANTI-REFLEJO.

## 1. RESUMEN

**Generalidades:** Actualmente existen muchos materiales en el mercado; pero no hay una evidencia científica que demuestre la efectividad de ellos en cuanto a resistencia al impacto. La elaboración de un prototipo basado en el sistema Drop Ball Test; como proyecto de grado en la universidad de la Salle; ha puesto el servicio de los estudiantes, una manera de comprobar todo aquello que los laboratorios nos afirman.

La importancia de la resistencia al impacto de un lente; es básicamente de seguridad; seguridad que un lente le debe dar a un paciente. Los laboratorios en lentes oftálmicos se han preocupado en hacer énfasis en este tema, porque le permiten al paciente tener más garantía en el momento de un accidente que ponga en riesgo la integridad del lente y junto con ello la salud visual y ocular.

La resistencia al impacto se puede ver alterada por tratamientos adicionales como lo es el antirreflejo.

**Objetivo:** Comparar la resistencia al impacto en lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67 con y sin tratamiento anti-reflejo a través del prototipo *DROP BALL TEST*.

**Hipótesis:** “*el antirreflejo disminuye la resistencia al impacto de los materiales para lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67*”

**Materiales y métodos:** Se tomó una muestra de 30 lentes sin antirreflejo y 30 lentes con antirreflejo; para un total de 60. Cada uno de ellos fue revisado para determinar si cumplían con el requerimiento de los criterios de inclusión y puestos en la prueba Drop Ball test para definir la Resistencia al impacto de cada uno. A Cada lente se le determinó el número de golpes a los cuales es capaz de resistir sin fracturarse.

**Resultados:** El promedio de impactos recibidos en los 30 lentes antes de ser fracturados es de 183 golpes en lentes sin antirreflejo y de 166 golpes en lentes con antirreflejo, con una media de 185 y 167 respectivamente. Los lentes sin antirreflejo en todos sus casos soportaron mayor número de impactos.

**Conclusiones:** La temperatura y los químicos aplicados al lente no afectan significativamente la resistencia al impacto, debido a que los materiales orgánicos al ser estudiados, se les comprueba que tipo de químicos causan alteración en la estructura de cada uno.

**Palabras claves:** resistencia al impacto; flexibilidad, antirreflejo, fractura.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Comparación de la resistencia al impacto de lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67 con y sin tratamiento antirreflejo, a través del prototipo Drop Ball Test, para validar la hipótesis “*el antirreflejo disminuye la resistencia al impacto de los materiales para lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67*”

## 3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente los laboratorios que impulsan nuevos materiales para lentes oftálmicos nos dan a conocer las ventajas de cada uno de ellos. Es el caso del material orgánico de alto índice 1.67, el cual nos da más garantía en cuanto a peso, grosor, estética y comodidad.<sup>1</sup>

Por confidencialidad industrial de los laboratorios; estos no comparten ciertas pruebas en cuanto a evidencia científica, por lo que nosotros como profesionales de la salud visual, solamente tenemos que confiar en la información entregada por ellos. Los conocimientos de cada material en cuanto a resistencia, esta soportado mediante fichas técnicas que aparecen en las páginas web de cada laboratorio.

Teniendo en cuenta el portafolio de los laboratorios líderes en Colombia, los materiales más ofrecidos en el mercado son: materiales plásticos como CR39, POLICARBONATO, TRIVEX, 1.67 Y 1.74; siendo el CR39 la resina plástica con menor resistencia al impacto a diferencia de los otros materiales mencionados. Esto se debe a que el índice de refracción y otras características ópticas y físicas del CR39 son diferentes a las de los demás materiales.

Los lentes elaborados en material 1.67 tienen la característica de ser menos gruesos y por su diseño esférico proporcionan una mejor calidad visual en aquellas formulas superiores a +/- 2.00 Dpts, haciéndolos estéticos y confortables para el paciente.<sup>1</sup>

Pero la estética de los lentes va más allá del grosor. Los lentes oftálmicos hoy en día se ofrecen junto con tratamientos adicionales que ayudan no solo a su apariencia sino que también ayudan a la comodidad visual según el ambiente en el que se desempeñe cada paciente. Uno de ellos es el tratamiento anti-reflejo<sup>2</sup>.

La resistencia al impacto es uno de los factores que garantiza la seguridad de un lente oftálmico y ésta depende de su espesor, el índice de refracción, curva base utilizada para su fabricación y la aplicación o no de tratamientos ópticos como lo es el anti-rayas, anti-reflejo y fotosensibles<sup>3</sup>.

Entonces, si la resistencia al impacto depende en uno de sus aspectos a la aplicación o no de tratamientos; “El tratamiento antirreflejo influye de manera directa en la disminución de la resistencia a los impactos de los lentes oftálmicos, sin

importar el material en que estén fabricados ni su espesor central”, no existen evidencias científicas que justifiquen y que demuestren que el antirreflejo altera la resistencia al impacto en material 1.67.<sup>3</sup>

Uno de los factores que altera la resistencia al impacto de los materiales, es la temperatura y los químicos a los que sean sometidos. Los cambios de temperatura para el proceso de aplicación del antirreflejo son superiores a los 80 grados. Durante los procesos de recubrimiento de antirreflejo a los lentes, se aplican técnicas térmicas para su adherencia al material y la aplicación de sustancias químicas que varían según el laboratorio y el tipo de antirreflejo a colocar y también altera la resistencia del material en el que se haya hecho la formula<sup>4</sup>. Los lentes CR39 podrían cumplir el requerimiento de Resistencia al impacto, a diferencia de los que tienen recubrimiento Antirreflejo; ya que estos serían más frágiles.<sup>5</sup> Los lentes con revestimiento de tratamientos adicionales al material disminuyen la resistencia al impacto del mismo, a menos que éste lleve un revestimiento anti-rayas; el cual puede llegar a mejorar la resistencia<sup>6</sup>.

Son pocos los estudios que definan si el antirreflejo altera o no la resistencia al impacto de los materiales de lentes oftálmicos; distintos a CR39, vidrio y policarbonato. Laboratorios en lentes oftálmicos presentan la resistencia del material por aparte a la resistencia de los tratamientos, dependiendo del laboratorio que nos ofrezca sus productos.

Lo que se quiere con este proyecto es comparar la resistencia al impacto de lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67 con y sin tratamiento antirreflejo; a través del prototipo Drop Ball Test y así validar La hipótesis “*el antirreflejo disminuye la resistencia al impacto de los materiales para lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67*”

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. MATERIALES EN LENTES OFTÁLMICOS

Actualmente existen materiales con los cuales se elaboran lentes oftálmicos; dichos materiales tienen características distintas que los hacen más o menos resistentes al impacto. Estas características dependen de las propiedades físicas, ópticas y químicas de cada uno de ellos<sup>7</sup>

### 4.2. CLASIFICACION DE LOS MATERIALES

Los materiales de lentes oftálmicos se clasifican según su índice de refracción; este valor hace que los lentes sean más o menos gruesos, pesados y fuertes al impacto<sup>7</sup>.

#### 4.2.1. BAJO INDICE DE REFRACCIÓN

CR39= 1.45

#### 4.2.2. MEDIO INDICE

TRIVEX= 1.53

POLICARBONATO = 1.58

#### 4.2.3. ALTO INDICE

MR7 = 1.67

POLITIOSULFUROS = 1.74

### 4.3. PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES DE LOS LENTES OFTÁLMICOS

**4.3.1. Transparencia:** es la calidad o estado propio de los cuerpos que permite el paso de los rayos luminosos, de manera que sea posible ver con toda claridad a través de ellos; debe ser máxima para que la claridad sea igual en un ojo corregido que en uno no corregido. La transparencia es la relación entre intensidad de la luz transmitida sin desviación y la luz incidente<sup>7</sup>.

**4.3.2. Densidad:** es la relación entre la masa (M) y el volumen (V) de un cuerpo, se expresa en gr/cm y generalmente se calcula a una temperatura de 25°C; este factor es importante, ya que cualquier porción de materia cambia con la temperatura<sup>7</sup>.

**4.3.3. Conductividad térmica:** la conductividad térmica es la capacidad de un material para transmitir calor. Se define como la cantidad de calor transmitido durante un tiempo determinado, en una dirección perpendicular a la superficie y para un intervalo de temperatura determinado. Cuando un material es sometido a cierto grado máximo o mínimo de temperatura, se pueden observar cambios en la forma o consistencia de su composición química y en su comportamiento físico<sup>7</sup>.

**4.3.4. Elasticidad y resistencia mecánica:** la resistencia mecánica se refiere al valor de la fuerza aplicada que produce la fractura del material, es decir el grado de oposición que presenta el material a las fuerzas que tratan de deformarlo. La elasticidad es la propiedad de los cuerpos deformados de recuperar su forma inicial una vez desaparecida la fuerza deformante. Un material es frágil cuando su ruptura se apenas sobrepasa ligeramente su límite. Para conocer la resistencia se somete el material a ensayos de compresión, tracción, flexión, impacto y resistencia al choque térmico<sup>7</sup>.

- 4.3.5. Dureza:** es la resistencia del material a dejarse penetrar por otro por acción de una fuerza. En los diferentes materiales de lentes oftálmicos está relacionada con la fuerza que oponen hacer rayados y a la facilidad con que pueden tallarse sus superficies. El evitar la difracción en los lentes oftálmicos causados por rayones incrementa la calidad de la imagen y por eso es recomendable aplicar en la superficie de los lentes procesos que disminuyan la posibilidad de las rayas<sup>7</sup>.
- 4.3.6. Tinción:** los materiales orgánicos tienen una gran facilidad para ser teñidos de cualquier color y con la intensidad que se desee. El tinte está determinado por las concentraciones relativas de los tres pigmentos primarios (amarillo, azul y rojo) por lo tanto, es posible obtener un rango infinito de tonalidades. Es coger el tinte está en función de las propiedades de absorción requeridas y puede determinarse de acuerdo al defecto refractivo que se esté corrigiendo (para un miope se puede preferir café y para un hipermetrope verde), pero también puede ser elección del paciente<sup>7</sup>.

#### **4.4. RESISTENCIA AL IMPACTO**

Es una de las propiedades físicas de los materiales y hace referencia al valor de la fuerza aplicada que produce la fractura del material a las fuerzas que tratan de deformarlo<sup>7</sup>.

Para determinar la resistencia al impacto en los lentes oftálmicos, estos deben tener un mínimo de espesor; el cual es de 2 mm. Aunque estos dos mm no determinen la resistencia como tal, esta depende también del material en que se fabrique<sup>8</sup>.

La resistencia al impacto es una medida de la energía necesaria para romper las muestras<sup>9</sup>.

##### **4.4.1. CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN LA RESISTENCIA AL IMPACTO**

- 4.4.1.1. Material del lente:** actualmente en el mercado hay diferentes tipos de materiales como se mencionó anteriormente; las resinas plásticas y los materiales orgánicos. El material con mayor resistencia al impacto es el policarbonato pero a su vez es el que más tiene probabilidad de rayarse. Otros materiales cuyo nombre depende de su índice de refracción son el 1.67 y el 1.74 que hoy juegan un papel importante a nivel de mercadeo por su estética en cuanto a grosor.
- 4.4.1.2. Espesor central:** el espesor central depende del tipo de fórmula, en formulas positivas el espesor es mayor que las negativas, siendo que un lente positivo es la superposición de dos prismas por su base mientras que los prismas de lentes negativos van unidos por su ápice. por dicha razón su espesor central de los lentes negativos es menor que el lente positivo. La FDA estandarizó que el espesor central de los lentes debía ser de mínimo 2mm.



- 4.4.1.3. Aplicaciones de tratamientos adicionales:** tratamientos como el antirreflejo, debido a su proceso de aplicación alteran la resistencia del material en el que se ha elaborado el lente.
- 4.4.1.4. Formula del lente:** a mayor formula de lentes positivos mayor resistencia al impacto. En el caso de los lentes negativos mientras sea respetado el mínimo espesor central la resistencia va a ser constante.

#### **4.5. ELEMENTOS QUE ALTERAN LA RESISTENCIA AL IMPACTO**

##### **4.5.1. QUIMICOS**

Una de las propiedades de los materiales en lentes oftálmicos son las propiedades químicas; la cual hace referencia al comportamiento de cada material frente a agentes químicos y se trata principalmente del agua fría y caliente, salada y dulce, ácidos, bases y varios disolventes orgánicos<sup>10</sup>.

Durante el proceso de aplicación del antirreflejo se sumerge en una sustancia química para retirar el tratamiento anti-rayas y de este modo abrir poros para facilitar la adherencia de la capa antirreflejo.<sup>4</sup> Dicho proceso hace que la estructura del material sea alterado.

##### **4.5.2. ALTAS TEMPERATURAS**

La propiedad mecánica y térmica en la cual se describen los aspectos dimensionales y su resistencia a la deformación de los lentes según la temperatura a la que este sea sometido.<sup>10</sup> Las temperaturas a las que son sometidos los lentes va desde los 25° C hasta los 75° C. variando según el proceso al que sea sometido<sup>4</sup>.

#### **4.6. PROPIEDADES OPTICAS DE LOS MATERIALES EN LENTES OFTALMICOS**

**4.6.1. Refracción:** es el cambio de dirección que sufren los rayos de luz al pasar oblicuamente de un medio con propiedades físicas particulares a otro de propiedades físicas diferentes. Esto es lo que sucede cuando la luz atraviesa los medios transparentes del ojo para llegar hasta la retina. Los fenómenos de refracción son la base de aplicación de lentes y prismas<sup>7</sup>.

**4.6.2. Dispersión relativa. Numero Abbe:** la dispersión cromática indica la mayor o menor desviación que puede experimentar la trayectoria de la luz en función de su color, es decir, de su longitud de onda, al atravesar un determinado medio. La dispersión (D) está relacionada con el índice de refracción, de forma que será mayor cuanto mayor sea la diferencia entre los índices que tiene el lente para las distintas longitudes de onda próximas a la luz que se analiza. La medida de la dispersión se expresa por medio del número de Abbe. Este fenómeno fue estudiado ampliamente en el siglo XIX por el físico alemán Ernst Abbe (1840-1905). El valor Abbe es habilidad del material para dispersar la luz<sup>7</sup>.

**4.6.3. Transmisión, absorción y reflexión:** cuando la luz incide sobre una superficie, su comportamiento varía según sea la constitución de la superficie y la inclinación de los rayos incidentes, dando lugar a tres fenómenos:

transmisión o refracción, absorción y reflexión, por cada superficie del lente. La transmisión es la capacidad que tiene un material de ser atravesado por la luz y está directamente relacionada con la transparencia del material. La absorción se define como la cantidad de energía radiante del espectro que el lente no deja pasar y no es radiación reflejada. La reflexión es el cambio de dirección que experimenta una onda luminosa al chocar con una superficie<sup>7</sup>.

#### 4.7. ÍNDICE DE REFRACCIÓN (n)

Caracteriza el medio por el que se propaga la luz este se define como la razón entre la velocidad de la luz en el vacío cuando atraviesa el material del que está hecho el lente.

$$n = c/v$$

El índice de refracción de un lente nunca es menor que 1; esto se debe a que la luz viaja a menor velocidad en el material, es se debe a que a nivel atómico esto es el resultado de la absorción y reemisión de la luz por las moléculas del material<sup>11</sup>.

A mayor índice de refracción mayor capacidad del lente para reflejar la luz por lo que se recomienda un tratamiento antirreflejo adicional.

NOMBRE	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	REFLEXIÓN DE LA LUZ
CR39	1,49	7,97
TRIVEX	1,53	8,7
POLICARBONATO	1,58	10,27
ALTO INDICE	1,67	12,34
ALTO INDICE	1,74	14,36

TABLA N° 1: Índice de refracción según material<sup>7</sup>

#### 4.8. REFLEXIÓN

La reflexión de la luz es un fenómeno óptico la cual implica la absorción y la reemisión de la luz, en la cual un rayo de luz incidente sobre una superficie se describe con el Angulo de incidencia<sup>12</sup>.

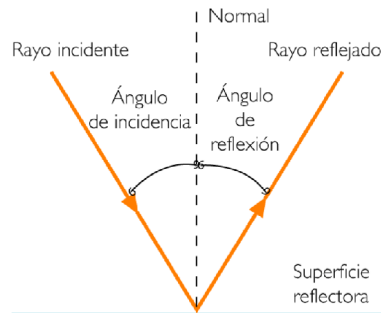


Figura 1. Reflexión de la luz. Google images

## 4.9. TRATAMIENTOS EN LENTES OFTÁLMICOS

### 4.9.1. ANTIREFLEJO

El anti-reflejo es un tipo de tratamiento que se le coloca a los lentes oftálmicos, su función es la de permitir el paso del 99.5% de la luz, eliminando el resplandor producido por toda la luz reflejada y mejorando la transparencia del lente y calidad de visión<sup>7</sup>.

#### 4.9.1.1. ADAPTACION DE TRATAMIENTO ANTIREFLEJO.

El tratamiento AR es el último procedimiento que se le realiza al lente<sup>4</sup>. El proceso de aplicación de la capa anti-reflejo depende de cada laboratorio y del tipo de anti-reflejo a aplicar; actualmente existe en el mercado anti-reflejos convencionales que se limitan a su única función óptica (eliminar reflejos). La nueva tecnología de antirreflejos consiste en la aplicación de capas adicionales anti-rayas, hidrofóbicas y antiestáticas las cuales permiten una mayor resistencia y durabilidad del tratamiento<sup>13</sup>.

1. **Proceso automático de limpieza:** el proceso comienza con una activación y una abrasión de la superficie del sustrato básico del material para asegurar la mejor adhesión posible la capa anti-rayas.
2. **Aplicación de la capa resistencia a las rayas:** La capa anti-rayas es aplicada con el mismo espesor en ambas caras del lente (externa e interna) asegurando una duración flexible y sólida.
3. **Preparación de la superficie del lente en la cámara de tratamiento de alto vacío:** la superficie nuevamente es activada y limpiada, descendiendo al nivel molecular con las fuentes de iones. Esto permite una excelente integración de las capas anti-reflejos a la capa anti-rayas.
4. **Aplicación de la capa reforzadora de la resistencia a rayas:** esta capa de silicio de resistencia a las rayas se agrega entre la capa anti-rayas y las capas anti-reflejos en ambas caras del lente (externas e internas). Estas brindan una superficie con la mayor resistencia a las rayas como si fuera un lente mineral.
5. **Aplicación de las capas anti-reflejos:** el tratamiento antirreflejo multicapas minimiza los reflejos en los lentes brindando una visión más confortable y

una apariencia más atractiva. En la cara interna del lente se optimiza al incluir como beneficio la protección contra la reflexión UV.

6. **Aplicación de la capa anti-partículas:** (resistencia al polvo) ubicada entre las capas anti-reflejos, lo que hace que el lente tenga propiedades anti-estáticas, para repeler activamente las partículas del polvo y la suciedad a nivel molecular.
7. **Aplicación de la capa súper hidrofóbica:** la capa Hidrofóbica es una capa adicional totalmente cohesionada de moléculas fluorizadas, aplicadas en ambas caras del lente, para que así el lente sea más fácil de limpiar. Esta tecnología líder de la industria repele el agua y la transpiración.
8. **Aplicación de la capa de bloqueo:** debido al performance superior de la capa hidrofóbica, los lentes son tan resbalosos que no pueden ser biselados y montados de la misma forma que otros lentes anti-reflejo. Esta capa temporal se aplica al lente, para que pueda ser bloqueado para biselar y montar, para luego ser removida con un paño suave.
9. **CHEQUEO SISTEMÁTICO DE CALIDAD.**

#### 4.9.1.2. QUIMICOS, TIEMPOS Y TEMPERATURAS PARA LA ADAPTACIÓN DE LA CAPA ANTI-REFLEJO.

El tratamiento AR es el último procedimiento que se le realiza al lente<sup>14</sup>:

##### 4.9.1.2.1. Limpieza del lente.

- Se realiza una pre-limpieza manual, empleando alcohol isopropílico al 100% para las lentes que están visiblemente contaminadas (con marcas de dedos, esmeriles, o tintas).
- Los lentes se someten a un proceso de limpieza automático más profundo, que consta de varios pasos sucesivos en detergentes ácidos y alcalinos, a 50 grados de temperatura y con ultrasonido.
- Enjuague en agua “desionizada”, producida por equipos con filtros especiales, terminando el proceso con un sistema de elevación de baja velocidad para evitar manchas por el secado realizado por vapor.
- Inmediatamente las lentes se introducen en un horno de secado para evaporar la humedad que absorben durante el lavado proceso denominado *desgasificación*. En general se someten a este secado a una temperatura que oscila entre 70 y 90 grados por cuatro horas.
- Una vez retiradas las canastas del “horneado”, finalmente las lentes ya están listas para comenzar el tratamiento y se las coloca en unos soportes especiales (campanas) en los cuales se van a introducir a la cámara de vacío.

##### 4.9.1.2.2. Aplicación de la capa antirreflejo

- **La capa de adhesión (anti-rayas):** tiene la función de proveer una base consistente para los sistemas de capas a aplicar sobre ella. Los principales materiales que se utilizan son óxidos de cromo y monóxido de silicio. Esta capa tiene un pequeño espesor, suficiente para cumplir con su única función de optimizar la adhesión. Además, si el espesor fuera

mayor generaría efectos ópticos no deseados y tensiones entre las restantes capas.

- **La capa dura:** provoca como efecto un equilibrio entre la elasticidad de las lentes orgánicas y la dureza de las capas inorgánicas del sistema antirreflejante. Aquí se utiliza una mezcla de óxido de Silicio y zirconio. Para asegurar la excelente compactación de estos materiales, se aplica durante el proceso un bombardeo de argón utilizando el cañón iónico.
- **Sistema de capas antirreflejantes:** aquí se utiliza una combinación de materiales de diferente índice de refracción:
  - Titanio
  - Cuarzo
  - Aluminio
  - Dióxido de silicio
  - Hidrofóbicos.

De esta combinación resulta el color de la reflexión residual, que según el equipo puede llegar a ser inferior al 1%.

- **La capa Hidro-fóbica:** cumple la función de protección de las lentes, ya que es la que está en contacto con el medio ambiente. Reduce la fricción y repele el agua y suciedad de la superficie, y para ella se utiliza un material como el teflón.

#### 4.10. MEDICION DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO

Para conocer la resistencia de dicho material se somete a ensayos de compresión, tracción, flexión, impacto y resistencia al choque térmico<sup>7</sup>.

##### 4.10.1. TECNICAS DE MEDICIÓN

Los ensayos de resistencia al impacto se dividen en dos clases: ensayos de caída de masa y ensayos de péndulo. El uso de cada uno está dado según el tipo de ensayo; si son muestras tridimensionales se usará el ensayo de caída de masa mientras que si son películas se utilizara el péndulo<sup>9</sup>.

La FDA tiene como técnica de medición al impacto de los materiales el Drop Ball Test; ya que es un método muy específico por lo cual es el que debería ser más utilizado, el cual vendría siendo un ensayo de caída de masa<sup>15</sup>.



Figura 2 "sistema caída de masa"<sup>7</sup>

#### **4.11. FRACTURA DE LENTE:**

Se considera un lente fracturado, si se rompe a través de todo su espesor, que incluye una capa laminar, en su caso, y a través de un diámetro completo en dos o más piezas separadas, o si cualquier material del lente visible se desprende de la superficie<sup>16</sup>.

#### **4.12. DROP BALL TEST**

El funcionamiento del sistema drop ball test consiste básicamente en dejar caer una bola de acero sobre la superficie del lente; la bola de acero que pesa 0.56 onzas cae desde aproximadamente 50 pulgadas sobre dicha superficie<sup>8</sup>.

#### **4.13. PROTOTIPO DROP BALL TEST UNIVERSIDAD DE LA SALLE**

Los lentes oftálmicos deberán ser capaces de resistir el impacto de una bola de acero con diámetro 25,4 mm (1" pulgada) desde una altura de 127 cm (50" pulgadas), la bola golpea dentro de un círculo de diámetro 5/8", situado en el centro geométrico del lente<sup>16</sup>.

El ensayo se realiza apoyando el lente sobre un tubo de (1" pulgada de diámetro interior, 1",<sup>1</sup>/<sub>4</sub> de pulgada de diámetro exterior, y aproximadamente 1" pulgada de alto) colocada en una plancha rígida o placa base de acero<sup>16</sup>.

El total peso de la placa base y sus accesorios rígidamente fijados no podrá ser menos de 27 libras. Para las lentes de diámetro mínimo pequeño, un soporte se puede usar tubo que tiene un diámetro exterior de menos de <sup>1</sup>/<sub>4</sub> de pulgada<sup>16</sup>.

## 5. HIPÓTESIS

*“El antirreflejo disminuye la resistencia al impacto de los materiales para lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67”*

## 6. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Comparar la resistencia al impacto en lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67 con y sin tratamiento anti-reflejo a través del prototipo *DROP BALL TEST*.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar la resistencia al impacto de lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67 con y sin tratamiento de anti-reflejo con el prototipo *DROP BALL TEST*.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1. METODOLOGÍA

#### ✓ Tipo de estudio

Este proyecto de investigación es de tipo analítico descriptivo-experimental.

#### ✓ Universo de estudio

Se tomará como muestra 30 lentes con índice de refracción 1.67 con fórmula +2.00 con y sin tratamiento anti-reflejo para un total de 60 lentes.

#### ✓ Definición operacional de las variables

Las variables utilizadas para el manejo de los datos son de tipo cuantitativo.

#### ✓ Resultados esperados

Se espera con este estudio validar la hipótesis *“el antirreflejo disminuye la resistencia al impacto de los materiales para lentes oftálmicos con índice de refracción 1.67”* mediante los resultados encontrados.

#### ✓ Resultados a encontrar

Que los lentes sin anti-reflejo soporten más impactos que los lentes con anti-reflejo antes de ser fracturados o con un determinado número de impactos.

En caso de ser lo contrario se refutara la hipótesis; lo cual hará concluir que el anti-reflejo como tratamiento adicional al material no altera la resistencia al impacto, como se menciona en el artículo: *“resistencia a los impactos. Una mirada óptica”* (Reyes Dominguez, 2013).

#### ✓ Almacenamiento de resultados

Los resultados serán almacenados en el programa Excel mediante una tabla cuyas variables son:

- Lentes con antirreflejo
- Lentes sin antirreflejo
- Número de impactos soportados
- Formula del lente
- Curva base
- Diámetro del lente
- Espesor central del lente
- Tipo de antirreflejo
- Índice de refracción del lente

Como se observan a continuación:



**Tabla de resultados**

LENTE	LENTE SIN ANTIRREFLEJO						Número de impactos
	Fórmula	Diámetro	Espesor Central	Certificado Índice De Refracción	Certificado De Antirreflejo	Curva Base	
1							
2							
3							
.....							
30							

**Tabla de resultados**

LENTE	LENTE SIN ANTIRREFLEJO						Número de impactos
	Fórmula	Diámetro	Espesor Central	Certificado Índice De Refracción	Certificado De Antirreflejo	Curva Base	
1							
2							
3							
.....							
30							

✓ **Análisis de resultados**

1. Cada 20 impactos se realizarán revisiones del lente y sus parámetros hasta completar un total de 100 golpes o en caso de ruptura se tendrá en cuenta el número del impacto en el cual sucedió.
2. Los resultados cuantitativos serán analizados mediante la técnica estadística Chi-Cuadrado a través del programa IBM SPSS Statistics.

✓ **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Lentes con fórmula de +2.00.
- Lentes con índice de refracción 1.67.
- Diámetro del lente 60 mm.
- Espesor central 2 mm.
- Lentes con antirreflejo estándar.
- Curva base 8.00 Dpts

✓ **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Se excluirán todos los lentes que no cumplan con los criterios anteriormente mencionados.

**7.2. MATERIALES**

1. Prototipo Sistema Drop Ball Test.
2. 30 Lentes +2.00 con índice de refracción 1.67 Sin Anti-Reflejo.
3. 30 Lentes +2.00 con índice de refracción 1.67 Con Anti-Reflejo.
4. 1 lensómetro.

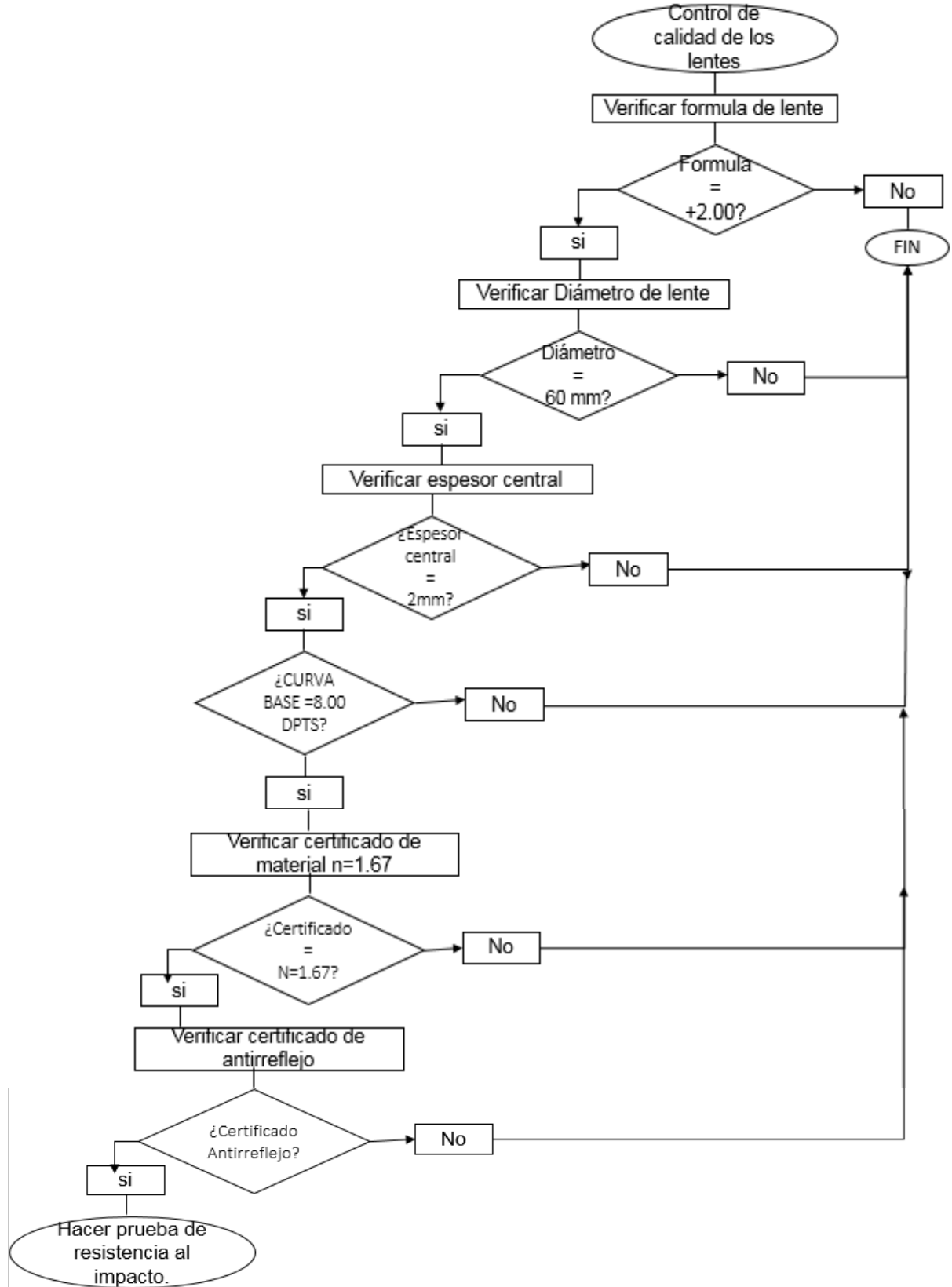
5. 1 reglilla milimétrica.
6. 1 esferómetro.
7. 1 calibrador de espesores.
8. Certificado de autenticidad de lente 1.67.
9. Certificado de autenticidad de antirreflejo.

### **7.3. MÉTODOS**

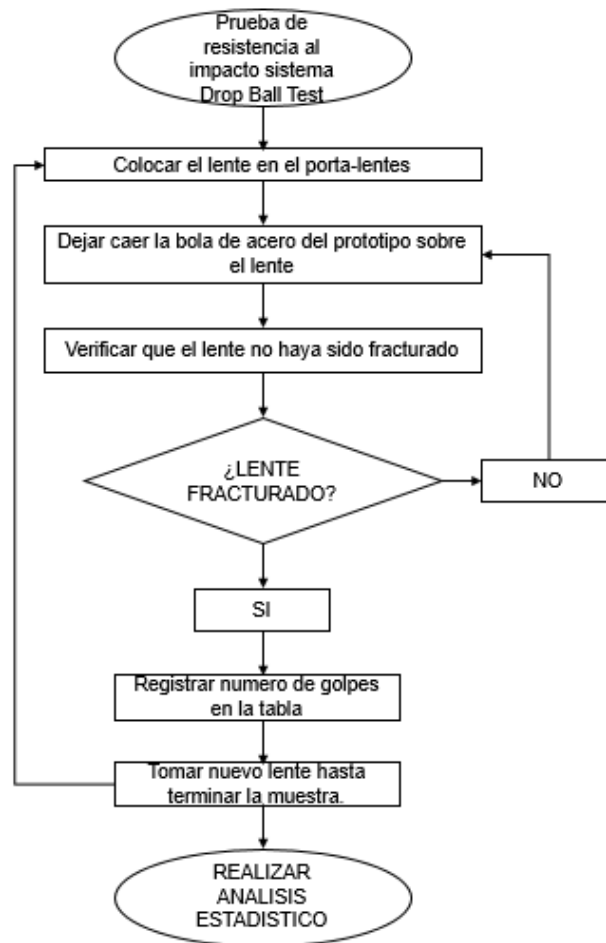
- ✓ Se harán pruebas de resistencia al impacto en lentes con índice de refracción 1.67 con y sin AR a través del sistema Drop Ball Test.
- ✓ Los lentes se pedirán al laboratorio según criterios de inclusión.
- ✓ Los procedimientos se realizarán de acuerdo a los diagramas de proceso presentados a continuación.

### 7.3.1. CONTROL DE CALIDAD

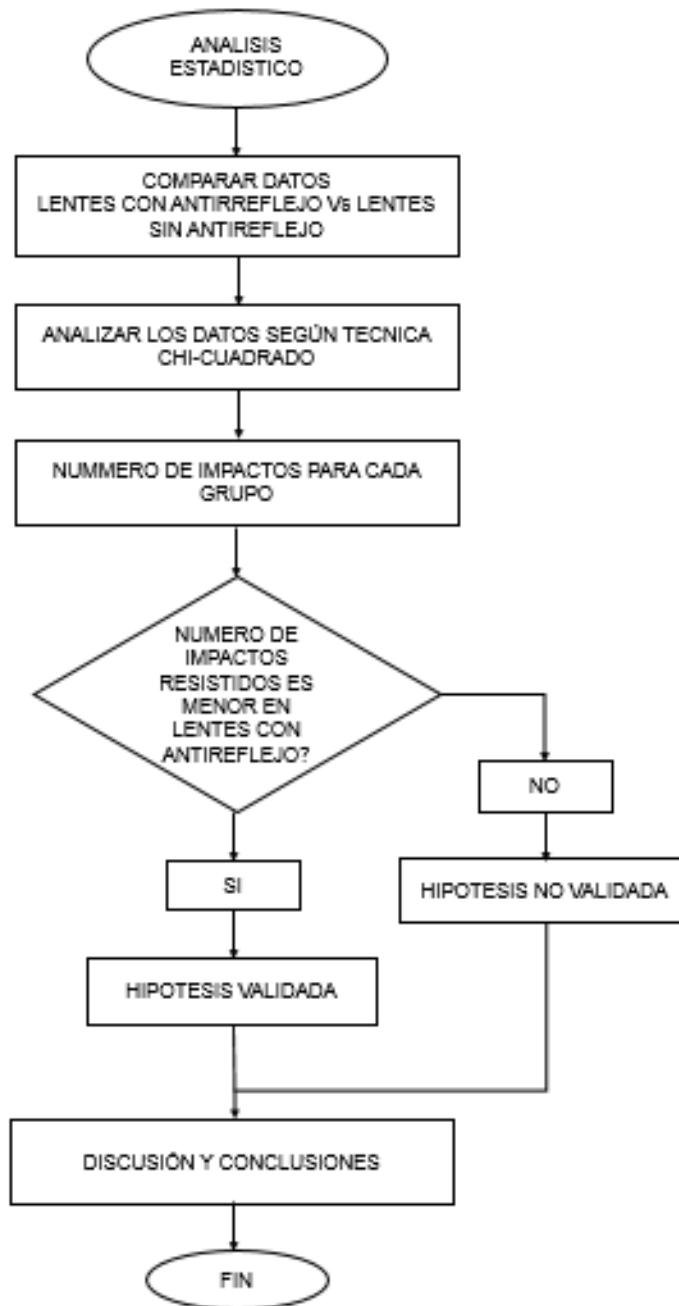
### 7.3.2.



### 7.3.3. PRUEBAS DE RESISTENCIA AL IMPACTO



### 7.3.4. ANALISIS DE RESULTADOS



Los lentes oftálmicos deberán ser capaces de resistir el impacto de una bola de acero con diámetro 25,4 mm (1" pulgada) desde una altura de 127 cm (50" pulgadas).

## 8. METODOLOGÍA

Se tomó una muestra de 30 lentes sin antirreflejo y 30 lentes con antirreflejo; para un total de 60 lentes en material 1.67. Cada uno de ellos fue revisado para determinar si cumplían con el requerimiento de los criterios de inclusión (ver tabla 2) y puestos en la prueba Drop Ball test para definir la Resistencia al impacto de cada uno.

Con cada lente se determinó el número de impactos que resistían sin fracturarse, de este modo se comparó el número de impactos entre los lentes sin antirreflejo y los lentes con antirreflejo (ver tabla 3). Sin embargo; adicional a ello, se revisaron los cambios producidos en la superficie del lente a los 20, 40, 60, 80 y 100 golpes (ver tabla 6).

PARAMETROS CONTROL DE CALIDAD												
PARÁMETROS	Formula +2.00		Diámetro 6.0 mm		Espesor central 2.00 mm		Certificado índice de refracción		Certificado de antirreflejo		Curva base 8.00 Dpts	
	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN
1-30	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

TABLA 2: CONTROL DE CALIDAD

LENTE	Nº DE IMPACTOS		LENTE	Nº DE IMPACTOS	
	SIN AR	CON AR		SIN AR	CON AR
1	184	167	16	185	168
2	183	165	17	184	165
3	182	166	18	183	164
4	180	165	19	184	167
5	185	164	20	185	167
6	180	167	21	186	165
7	183	167	22	187	168
8	179	164	23	184	167
9	185	167	24	183	165
10	187	167	25	185	168
11	185	165	26	184	164
12	183	168	27	183	167
13	182	165	28	185	167
14	185	167	29	182	165
15	187	165	30	184	168

TABLA 3: RESISTENCIA AL IMPACTO DE LENTES DE PRUEBA

## 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El promedio de impactos recibidos en los 30 lentes antes de ser fracturados es de 183 golpes en los que no presentan antirreflejo y de 166 golpes en lentes con antirreflejo, con una media de 185 y 167 respectivamente. Los lentes sin antirreflejo en todos sus casos soportaron mayor número de impactos como lo muestra la gráfica 1 y la tabla 4; donde da una relación adicional en la cual 8 lentes sin AR

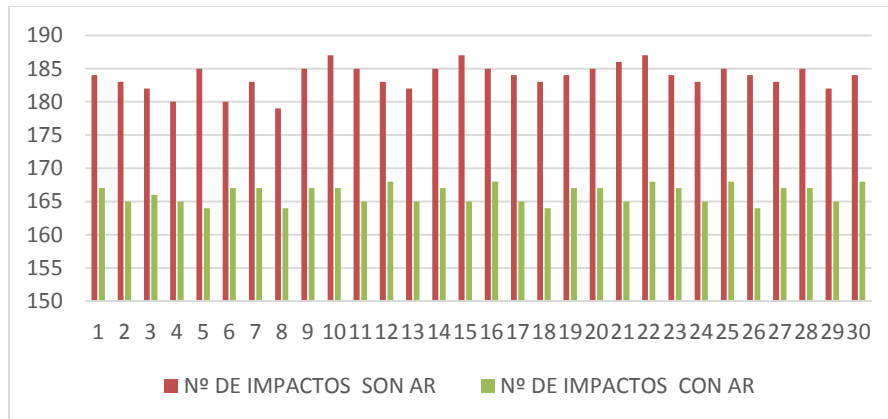
resistieron 185 golpes y 11 lentes con AR 167; la relación existente entre lentes sin antirreflejo y lentes con antirreflejo es: número de impactos soportados por los lentes sin antirreflejo mayor que el número de impactos soportados por los lentes con antirreflejo (ver tabla 4).

Partiendo de nuestra pregunta problema ¿el antirreflejo disminuye la resistencia al impacto del material 1.67? y de nuestras dos hipótesis;  $H_0$ = el antirreflejo disminuye la resistencia al impacto del material del lente y  $H_A$ = El antirreflejo no disminuye la resistencia al impacto del material del lente; siendo estas las hipótesis nula y alternativa respectivamente; encontramos en las frecuencias observadas de los 30 lentes sin antirreflejo que 1 de ellos soportó 179 golpes, lo que hace que la frecuencia esperada tenga un resultado de 0.13, a diferencia de los lentes con antirreflejo donde 4 de ellos soportaron 164 golpes con una frecuencia esperada de 0.4 (ver tabla 4 y 5). Estos resultados hacen que el valor chi-cuadrado ( $X^2$ ) este en un nivel de 0.87, lo que nos indica que la hipótesis nula está superior a 0.05 y que es válida.

### CAMBIOS SUPERFICIALES

Los cambios superficiales en cada uno de los lentes se comenzaron a observar a los 20 golpes; en los cuales se observaron rayas superficiales y a medida que iban aumentando los impactos; se observaba que la presencia de rayas era directamente proporcional; sin que se vieran afectados los parámetros del lente (espesor central y curva base).

En el caso de los lentes con antirreflejo se observó que a los 20 golpes comenzaron a aparecer rayas en su superficie; sin embargo; dichas rayas no pertenecían directamente al material, sino, que aparecían en la película antirreflejo aplicada. A los 60 impactos las rayas y los daños eran más profundas y perceptibles al tacto sin que se alteraran los parámetros del lente. ver tabla N° 6.



Gráfica 1: Lentes Sin Ar Vs Lentes Con Ar

LENTE CON AR	LENTE SIN AR								Total general
	179	180	182	183	184	185	186	187	
164	1			1	1	1			4
165		1	2	2	1	1	1	1	9
166			1						1
167		1		2	3	4		1	11
168				1	1	2		1	5
Total general	1	2	3	6	6	8	1	3	30

Tabla 4: Frecuencias Observadas

LENTE CON AR	lente sin AR								
	179	180	182	183	184	185	186	187	
164	0,13	0,27	0,4	0,8	0,8	1,1	0,1	0,4	
165	0,3	0,6	0,9	1,8	1,8	2,4	0,3	0,9	
166	0,03	0,07	0,1	0,2	0,2	0,3	0	0,1	
167	0,37	0,73	1,1	2,2	2,2	2,9	0,4	1,1	
168	0,17	0,33	0,5	1	1	1,3	0,2	0,5	

Tabla 5: Frecuencias Esperadas

Numero De Impactos	1.67 Sin Ar			1.67 Con Ar		
	RUPTURA	Daños Superficiales	Cambio De Parámetros	Ruptura	Daños Superficiales	Cambio De Parámetros
20	NO	Rayas Superficiales	Ninguno	No	Rayas Superficiales	Ninguno
40	NO	Rayas Superficiales	Ninguno	No	Rayas Superficiales	Ninguno
60	NO	Rayas Superficiales	Ninguno	No	Rayas Más Profundas	Ninguno
80	NO	Mayor Presencia De Rayas Superficiales	Ninguno	No	Rayas Y Daños Perceptibles Al Tacto	Ninguno
100	NO	Mayor Cantidad De Rayas Sin Presencia De Fractura	Ninguno	No	Rayas Y Daños Perceptibles Al Tacto Sin Presencia De Fractura	Ninguno

TABLA 6: CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DELLENTE

## 10. DISCUSIÓN

La resistencia al impacto de los materiales de los lentes oftálmicos es un plus que hoy día se ofrece con el fin de garantizarle al paciente un mayor beneficio en cuanto a seguridad. Teniendo en cuenta que la resistencia al impacto depende de la formula, la curva base, espesor central, material del lente y tratamientos adicionales como lo es el antirreflejo y la película foto-cromática. Si uno de estos, no cumple con estos parámetros, podemos encontrar lentes débiles que se deterioren en su estructura al sufrir pequeños impactos y accidentes durante su uso<sup>17</sup>; tanto para seguridad industrial como para la corrección de ametropías.

La resistencia al impacto de unas gafas es proporcional al tamaño y peso del objeto que impacta sobre ellas; el policarbonato por ejemplo tiene una resistencia superior al plástico convencional CR39<sup>18</sup>; pero han salido al mercado otros materiales que juegan con el índice de refracción de las materias primas para ofrecer lentes más delgados y planos como lo es el trivex, el 1.67 y el 1.74<sup>19</sup>; los cuales al ser tallados reportan unos espesores centrales de 1.2 a 1.8 mm.

Un material que reduce en un 30% el espesor central de las formulas, es el material orgánico 1.67<sup>20</sup>; el cual maneja curvas base mas planas; lo que lo hace más delgado. Empresas que ofrecen este material lo ofrecen como un material con buena resistencia al impacto; lo cual quedó demostrado en las pruebas hechas en



este proyecto; en donde dicho material resistió en promedio 185 golpes. Aunque se mencione que el policarbonato es el material más resistente a los golpes; el material 1.67 ha soportado el máximo de golpes para su aprobación a la resistencia al impacto.

La aplicación o no de tratamiento antirreflejo; es una característica que es mencionada como un componente que altera la resistencia del material; por la temperatura y los químicos que se aplican para su adaptación<sup>3</sup>. Una característica que favorece la resistencia al impacto es la ELASTICIDAD; que es la propiedad de los cuerpos deformados para recuperar su forma inicial, una vez desaparecida la fuerza deformante<sup>7</sup>; por esta razón ninguno de los lentes se vio alterado en cuanto a su forma.

Teniendo en cuenta que el material del lente 1.67 es más delgado se llegó a pensar que por el espesor central menor este podría ser menos resistente y más susceptible a fractura aun cuando se le aplicara el antirreflejo.

La resistencia al impacto del material es independiente a la resistencia del tratamiento; ya que cuando hablamos de la resistencia del antirreflejo, hablamos de la resistencia al rayado y al deterioro del mismo<sup>4</sup>.

A pesar de que las temperaturas utilizadas sobre el lente para aplicar el antirreflejo son superiores a los 70 grados centígrados en el proceso de desgasificación y 1.800 grados centígrados en el proceso de adherencia de los elementos y los químicos utilizados son lo suficientemente fuertes, no se puede pensar que estos dos factores alteren la matriz del material, ya que antes de comenzar a aplicar la película antirreflejo se coloca una película anti-rayas; la cual hace que el antirreflejo se adhiera mejor a la superficie del lente. Los lentes con revestimiento de tratamientos adicionales al material disminuyen la resistencia al impacto del mismo, a menos que este lleve un revestimiento anti-rayas; el cual puede llegar a mejorar la resistencia<sup>6</sup>.

Aunque las estadísticas mostraron una disminución en la resistencia al impacto; los lentes con y sin antirreflejo siguen cumpliendo con los estándares de resistencia al impacto proporcionados por la FDA. Dicho material está abalado por laboratorios como Essilor y Carl Zeiss; no solo para monturas completas sino también para monturas ranuradas; lo que confirma su resistencia. Esto se afirma en la literatura donde dice que los lentes CR39 podrían cumplir el requerimiento de Resistencia al impacto, a diferencia de los que tienen recubrimiento Antirreflejo ya que estos serían más frágiles.<sup>5</sup>

## **11. CONCLUSIONES**

- Teniendo en cuenta; que los lentes antirreflejo con espesor central de 2 mm en material 1.67 resistieron un promedio de 164 golpes; se podría concluir que el espesor central si afecta la resistencia al impacto, y que un espesor central igual o mayor a 2 mm favorecería al lente a posibles fracturas, causadas por accidentes.

- La elasticidad del material es una propiedad que ayuda a que el lente no se fracture tan fácil como se piensa, por lo que al ser elástico este puede deformarse y volver a su posición inicial.
- La temperatura y los químicos aplicados al lente tampoco afectan significativamente la resistencia al impacto, debido a que los materiales orgánicos al ser estudiados, se les comprueba que tipo de químicos causan alteración en la estructura de cada uno.
- La aplicación de antirreflejo no afecta los parámetros del lente; por lo cual, no afecta en un alto grado su resistencia al impacto; de este modo, no es posible validar la hipótesis; en la cual se afirma que los lentes con antirreflejo aumentan su capacidad de fractura.
- Los lentes de material 1.67 con y sin antirreflejo pasan la prueba de resistencia al impacto según la FDA, sin embargo es importante tener en cuenta que al realizar la prueba la película antirreflejo si se ve afectada por los impactos.

## 12. BIBLIOGRAFIA

1. Essilor; Materiales Essilor: la gama de materiales más amplia del mercado; [internet]; 2014; citado [6 de octubre de 2015]; disponible en: <http://www.essilor.com.ar/catalogo/archivos/materiales/orma/1.pdf>
2. óptica alemana; 9 razones, porqué usar lentes antirreflejo; sección novedades; [internet]; citado [6 de octubre de 2015]; disponible en: <http://opticaalemanahsm.com/9-razones-porque-usar-lentes-antireflejo/>
3. Reyes Dominguez, J. F. resistencia a los impactos: una mirada óptica. *Cien y Tecnol Salud Vis Ocul*, 2013, 11, 2, 113-125.
4. Rivera, S. E., & Rivero, D. S. *CALIDAD Y VIDA UTIL DE LA CAPA ANTIRREFLEJO FABRICADA EN LA CIUDAD DE BOGOTA POR TRES LABORATORIOS*. Tesis grado. Universidad De La Salle. Bogotá, 2007.
5. Chou, B. R. durability of coated CR39 industrial lenses; *Optometry and Vision Science*. Citado 2015 ago 25; disponible en: [https://translate.google.com.co/translate?hl=es&sl=en&u=http://journals.lww.com/optvissci/fulltext/2003/10000/durability\\_of\\_coated\\_cr\\_39\\_industrial\\_lenses.12.aspx&prev=search](https://translate.google.com.co/translate?hl=es&sl=en&u=http://journals.lww.com/optvissci/fulltext/2003/10000/durability_of_coated_cr_39_industrial_lenses.12.aspx&prev=search). 2003.
6. Chou, B. R. Yuen G. S. *Ballistic impact resistance of selected organic ophthalmic lenses*. PubMed. Citado 2015 agosto 25. Disponible PDF en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ballistic+impact+resistance+of+selected+organic+ophthalmic+lenses>.
7. Perdomo Ospina, C. *fundamentos en lentes oftálmicos*. Bogotá. Ediciones Unisalle. 2009.

8. Clifford W, B., & Irvin M., B. *System For Ophthalmic Dispensing*. St Louis, Missouri: Elsevier, 2007
9. Carraher, C. E. *Introducción A La Química De Los Polímeros*. Barcelona: Reverte S.A. 2002.
10. Essilor Academy; Cuaderno De Óptica Oftálmica; Materiales; [Internet] Citado: [8 de octubre de 2015]; disponible en: <http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/Materiales%20I.pdf>
11. Giancoli, C. D. *Física: Principios Con Aplicaciones*. México: Industria Editorial Mexicana, 2006.
12. Jerry D., W., & Anthony J., B. *Física*. México: Industria Editorial Mexicana. 2003.
13. ESSILOR. Lentes Anti-reflejo: Folleto informativo; Proceso en 9 pasos. 2013.
14. Imagen Óptica; Las Ventajas del tratamiento antirreflejo y los pasos del proceso; [internet] citado el [13 de octubre de 2015]; disponible en: <http://www.imagenoptica.com.mx/pdf/revista34/ventajas.htm>
15. Registrar corp, Manufacturers, Exporters and Initial Importers/Distributors of Sunglasses and Lenses—Did You Know?; U.S. FDA News Updates; [internet]; referenciado el [18 de octubre de 2015]; disponible en: <http://fda-news.registrarcorp.com/2012/02/manufacturers-exporters-and-initial-importersdistributors-of-sunglasses-and-lenses-did-you-know/>
16. Lizarazo López, A. CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA PARA COMPROBAR LA RESISTENCIA DE LOS LENTES OFTÁLMICOS AL IMPACTO. Tesis pregrado. Bogotá. 2014.
17. P. Artus et Al; comportamiento al impacto de materiales para lentes oftálmicas; Anales de Mecánica de la fractura 25; [internet]; citado el 10 de octubre de 2015; disponible en: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/12095>
18. V. Rodriguez, I. Gallego & D. A. Ivarez; Vision y Deporte; Barcelona, editorial glosa; 2010 [internet] citado el 15 de octubre de 2015; disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=OrZAQAqLsWcC&pg=PA261&dq=resistencia+al+impacto+de+cr39&hl=es&sa=X&ved=0CBoQ6AEwAGoVChMI5NHb9bOJyQIVBNVjCh2-NQre#v=onepage&q=resistencia%20al%20impacto%20de%20cr39&f=false>
19. BBGR; Materiales, una gran variedad de índices para todas las graduaciones; [internet]; citado el 17 de octubre de 2015; disponible en: <http://www.bbgr.es/es-es/productos-servicios/materiales/Paginas/default.aspx>
20. Clínica Valle; oftalmología y especialidades; materiales de lentes oftálmicos; [internet] citado el 12 de octubre de 2015; disponible en: <http://www.clinicavalle.com/optica/materiales-lentes-oftalmicos.html>