

PROTOTIPO DE FACOEMULSIFICADOR PARA EL TRATAMIENTO DE LAS CATARATAS

Terán Benalcázar Jorge Román, Ing.
Herrera Soasti Santiago Mauricio, Ing.
Corrales Luis, PhD.
Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN

En este proyecto se diseña y construye un prototipo de facoemulsificador, equipo que es empleado para la remoción de cataratas. El equipo posee un generador de ultrasonido y un sistema de irrigación – aspiración. El generador de ultrasonido alimenta una punta que se encarga de desintegrar el cristalino dentro del ojo, mientras que el sistema de irrigación – aspiración se encarga de evacuar los restos de la catarata, al mismo tiempo que mantiene constante la presión ocular para evitar que el ojo colapse. A más del diseño de una válvula para controlar la presión, el sistema posee un controlador electrónico que vigila que esta se mantenga dentro de los límites correctos.

Pruebas realizadas por oftalmólogos en ojos de cerdo, demostraron que el equipo cumple a cabalidad con su objetivo, lo que demostró que el sistema de control electrónico diseñado y construido, cumplió con su tarea.

1 LAS CATARATAS

Las cataratas son el desarrollo progresivo de una nubosidad en el cristalino el mismo que es el lente natural del ojo, esta nubosidad interfiere con el paso de la luz hacia la retina, produciendo un efecto similar al de estar viendo a través de un vidrio empañado.

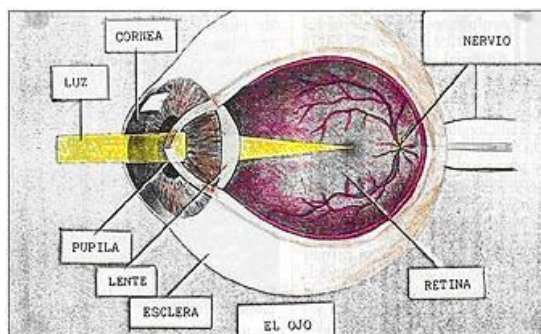
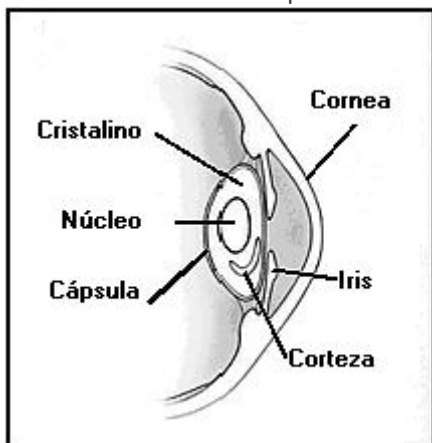


Figura 1. Partes principales del ojo.

No se trata de la aparición de un tumor o nuevo tejido, sino que el mismo cristalino se opaca y pierde su transparencia normal, de esta forma la luz no puede llegar con facilidad a la retina y la persona afectada con cataratas puede presentar alguno de los siguientes síntomas:

- Visión nublada o borrosa.
- Las luces (como la procedente del sol, lámparas, faros de los coches, etc.) pueden causar más deslumbramiento del habitual, dificultando el conducir automóviles durante la noche.
- Las luces presentan resplandor o una areola alrededor.
- Pobre visión nocturna.
- Visión múltiple.
- Los colores parecen desteñidos.
- Aumento en la miopía - el aumento en la necesidad de cambiar la
- Distorsión de la visión en uno de los ojos.

Al principio la aparición de las cataratas no es muy notoria, pero a medida que la catarata se desarrolla (madura), la visión se hace más borrosa, impidiendo progresivamente la realización de las actividades cotidianas.

2 CAUSAS

Hay muchos tipos de cataratas. En su mayoría son causadas edad avanzada, lesiones

oculares, ciertas enfermedades y afecciones del ojo y del cuerpo, en general, y a defectos hereditarios o de nacimiento.

El proceso normal de envejecimiento puede causar que el cristalino se endurezca y se vuelva opaco formando las cataratas seniles, que son del tipo más común.

Tanto los niños como los adultos de cualquier edad pueden desarrollar cataratas. Cuando aparecen en los niños suelen ser hereditarias o haber sido causadas por una infección o inflamación en la mujer embarazada que afectó al bebé. Estas se llaman cataratas congénitas y están presentes desde el nacimiento.

Las lesiones en los ojos pueden causar cataratas en pacientes de cualquier edad. Un golpe, una punción, un corte, el calor intenso o una quemadura por agentes químicos puede lesionar el cristalino dando lugar a una catarata traumática.

Ciertas infecciones o enfermedades de los ojos, como la diabetes, también pueden causar opacidad de lente y formar una catarata secundaria.

Según el tamaño y localización de las áreas de opacidad del cristalino, una persona puede o no darse cuenta de que se está formando una catarata. Si ésta se localiza en el borde externo de la lente, la vista no sufre cambios; pero si la opacidad está situada cerca del centro de la lente, generalmente interfiere con la visión.



Figura 2. Paciente con catarata senil.

3 TRATAMIENTO

Aunque los avances en la tecnología y las investigaciones realizadas durante los últimos años han mejorado el tratamiento de cataratas, no se ha demostrado que las gotas oculares, los ungüentos, pastillas, dietas especiales o ejercicios oculares puedan disolver o reducir una catarata. La cirugía es la única manera eficaz de extraer el cristalino opaco.

Cuando las cataratas causan suficiente pérdida de la visión como para interferir con el trabajo o la vida cotidiana del paciente, es hora de extraerlas.

La operación de cataratas consiste en la extracción de la parte del cristalino que está opaca para devolver la visión al ojo. En general se tiende a su sustitución por una lente artificial que se coloca en el mismo sitio que el cristalino original (lente intraocular), restaurando la visión que se había perdido a consecuencia de las cataratas.

Existen tres tipos de operaciones para quitar el lente del ojo que tiene una catarata:

- **Cirugía extra capsular.**
El cirujano saca el lente del ojo, pero deja en su lugar la parte de atrás de la cápsula

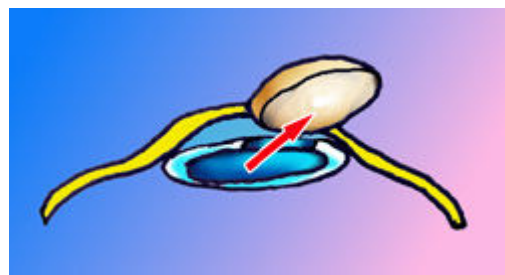


Figura 3. Cirugía extra capsular.

- **Cirugía intra capsular.**
El cirujano saca el lente del ojo completamente, incluyendo la cápsula. Esta técnica está en desuso.
- **Facoemulsificación.**
En este tipo de cirugía extra capsular, el cirujano usa ultrasonidos para ablandar la lente del ojo (Figura 4) y así poderla sacar usando una aguja de

succión. La parte posterior de la cápsula de la lente se queda dentro.

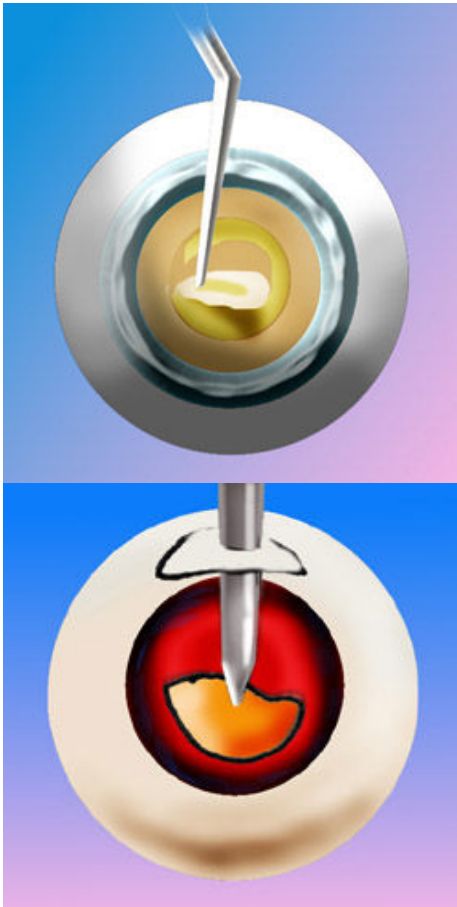


Figura 4. Facoemulsificación.

Se coloca una lente artificial (LIO) dentro del ojo (intraocular) y se aprovecha para corregir la visión sin gafas ni lentes. La incisión se cierra con puntos muy finos (suturas).

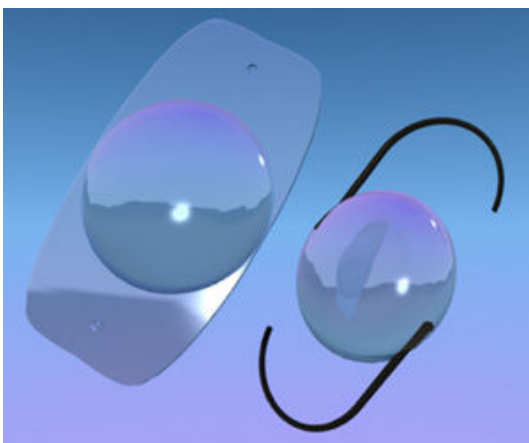


Figura 5. Imágenes de lentes LIO.

La facoemulsificación es la técnica que actualmente se realiza. Para aplicar el ultrasonido, se hace una pequeña incisión de 3 mm por encima del ojo, luego se desintegra la catarata, y por la misma herida se coloca un lente intraocular de acrílico plegable (reemplazo del cristalino opaco). Como la herida es tan pequeña, no se necesitan puntos de sutura, aunque normalmente se coloca un punto de seguridad.

De acuerdo al caso, dado por las características del paciente y de las cataratas, la anestesia empleada en la Cirugía de Catarata puede ser tópica, o sea con gotas (sin pinchazos). Por lo cual una vez realizada la cirugía, el paciente retorna inmediatamente a su casa sin parches en el ojo.

4 NUESTRO FACOEMULSIFICADOR

Siendo las cataratas una de las afecciones mas frecuentes en los ojos, se vio la necesidad de construir un equipo capaz de retirar las cataratas de los ojos mediante ultrasonidos.

El equipo diseñado está formado por dos módulos principales.

4.1 MÓDULO DE GENERACIÓN DE ULTRASONIDOS

El primer módulo es el generador de ultrasonidos, en realidad es un oscilador de frecuencia y voltaje variable que produce una señal de 40KHz y 600 Voltios de amplitud. Esta señal se aplica a un transductor piezo eléctrico denominado pieza de mano (handpiece, Figura 6).



Figura 6. Pieza de mano (Handpiece).

A través de un cable, internamente esta punta tiene un par de cristales, cuando se aplica un voltaje a la frecuencia de 40KHz, estos cristales resuenan produciendo fuertes vibraciones mecánicas, unido a los cristales se

tiene un tubo metálico que termina en una punta donde puede atornillarse un TIP o punta del Phaco (Figura 7)



Figura 7. Punta del faco o TIP.

Esta punta es la que se inserta dentro del ojo. Tiene un diámetro de unos 2 milímetros, y viene biselada para facilitar la emulsificación del cristalino. El TIP es tubular y permite absorber por su interior los residuos pulverizados de la catarata.

Variando el voltaje aplicado a la punta se puede regular la potencia de las vibraciones mecánicas según se necesite, por ejemplo, las cataratas más duras necesitan mayor potencia de ultrasonido para ser emulsificadas. El control para regular esta potencia fue uno de los diseños electrónicos de este proyecto.

Puesto que la pieza de mano está compuesta de elementos delicados como cristales y es muy compacta, resultó difícil construirla por lo que se decidió adquirir una punta ya armada.

Las piezas de mano tienen frecuencias de trabajo que pueden ir desde 20KHz a 40KHz. Tomando en cuenta que no se puede conocer de antemano la mejor frecuencia de trabajo de la punta para una catarata determinada, se diseñó el presente equipo tal que es posible realizar un barrido de la frecuencia hasta encontrar aquella de mejor desempeño. Esta característica hace que el equipo sea capaz de trabajar con cualquier punta de faco emulsificación.

El tamaño y forma del TIP también producen pequeñas desviaciones de la frecuencia de resonancia propia de la pieza de mano, sin embargo el equipo siempre buscará la mejor frecuencia de trabajo.

4.2 MÓDULO DE IRRIGACIÓN-ASPIRACIÓN

El segundo módulo es la unidad de irrigación y aspiración. Una vez que el cristalino se ha pulverizado, es necesario retirar los residuos. Para esto el equipo cuenta con una bomba de vacío que permite aspirar los residuos emulsionados del cristalino. Lógicamente, la presión de aspiración debe ser controlada y

para esto se diseñó una válvula especial que permite regular la presión de aspiración o nivel de vacío desde 0 a 500 milímetros de mercurio (mmHg).

Mientras se retira el cristalino, es necesario reponer el líquido aspirado del ojo inyectando una solución salina balanceada (BSS). Esta operación se la realiza a través de la misma pieza de mano que tiene unos ductos especiales para inyectar líquido dentro del ojo. La presión del líquido inyectado se regula manualmente variando la altura de la botella que contiene la solución salina.

Los líquidos aspirados se transportan mediante tuberías de silicona hasta un vaso para residuos. Este cuenta con un sensor para detectar cuando el vaso está a punto de llenarse y da una señal de alarma para evitar que parte del líquido aspirado ingrese al equipo.

Todo el trabajo del equipo se controla y coordina mediante dos micro controladores PIC, uno para cada módulo. Para facilitar la operación del equipo por parte del cirujano (ya que el médico estará con las manos ocupadas con el instrumental), gran parte de las funciones del mismo se controlan desde un pedal con el que se puede regular la potencia del ultrasonido aplicado y la presión de aspiración.

5 PRUEBAS REALIZADAS

Se realizaron pruebas para comprobar el funcionamiento correcto de cada una de las partes del equipo. Pero, si bien estas pruebas dieron resultados positivos, se pensó que la mejor prueba sería emplear el equipo en una operación real.

El equipo fue probado en ojos de cerdo por reconocidos oftalmólogos. Según la bibliografía consultada y el criterio experimentado de los oftalmólogos, los ojos de cerdo tienen una textura semejante a la de los ojos humanos y de ahí que era válido probar el equipo con ellos.

Si bien las operaciones realizadas dieron resultados considerados como excelentes, como se comprenderá, es imprescindible hacer muchas pruebas con ojos no humanos antes de proceder a declarar con certeza que el equipo aquí diseñado puede ser empleado para operaciones en ojos humanos.

Es necesario además recalcar que este proyecto no ha sido realizado solo por dos personas, sino que es el fruto del esfuerzo conjunto de un grupo de personas cada una de las cuales ha aportado con lo mejor de sí para que este trabajo haya tenido éxito. Deseamos reconocer la participación decidida los oftalmólogos: Dr. Gustavo Alvira, Dr. Patricio Flor, Dr. Armando Sandoval y Dr. Almeida, quienes siempre aportaron con ideas y recomendaciones para el diseño del equipo en función de su experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- D.O.R.C. International. - "Service Manual", Versión 1.0.
- Storz Instrument Company. - "Field Service Manual", Revision D, 1992.
- Storz Instrument Company. - "Owner's Manual", Revision E, 1995.
- Holladay JR. Achieving emmetropia in extremely short eyes with two piggyback posterior chamber intraocular lenses. *Ophthalmology*. 1996.
- Hoffer KJ. Ultrasound velocities for axial length measurement. *J Cataract Refract Surg*. 1994.
- Drews RC. Results in patients with high and low power intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*. 1986.
- Gills JP. Cataract surgery the state of the art. Thorofare, NJ: Slack Inc, 1998.
- Coret Novoa A, Coret Moreno A. Tiempos de facoemulsificación. Barcelona: EDIKA-MED, 1995.
- El equilibrio dinámico. Parámetros de facoemulsificación. Manual AlconCusí. Barcelona, 1996.
- Black H. Phaco tool's efficiency allows the surgeon to use more vacuum power. *Ocul Surg News* 1996.
- Creus, Antonio Sole. - "Instrumentación Industrial", 6ª edición, Alfaomega/Marcombo, 1997, Barcelona.
- Coughlin, Robert F.: Driscoll, Frederick; "Amplificadores Operacionales y CI Lineales. Prentice Hall, 1993.
- www.binasss.sa.cr/poblacion/cataratas.htm
- www.iob.es/catab.htm

- www.oftalmo.com
- PIC16F877, datasheet. Microchip.
- PIC16F84A, datasheet. Microchip.
- Manual de sensores e instrumentos Cole-Parmer.
- <http://www.digikey.com>
- <http://www.parallax.com>

BIOGRAFÍA



El Dr. Luis Corrales realiza sus estudios secundarios en el Colegio Experimental Central Técnico, obteniendo el título de Bachiller Técnico en Radiotecnica.

Posteriormente se gradúa en 1979 en la Escuela Politécnica Nacional

como Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. En la Universidad de Strathclyde, en Gran Bretaña, sigue sus estudios de post grado donde, desde 1984 a 1988, obtiene su PhD. en Bioingeniería. Trabajó por diez años como Consultor en el Área de Sistemas en el Banco Interamericano de Desarrollo, siendo una de sus actividades la de Administrador de su red Informática. Ha dirigido decenas de tesis, incluyendo varias a nivel de maestría, en temas relacionados con la Informática, Redes LAN, Redes Digitales Industriales, Instrumentación Biomédica, Domótica, Automatización de Procesos Industriales, Automatización de Invernaderos. Actualmente es Profesor Principal en la EPN y es también Instructor CCNA de la Academia de CISCO en la EPN. Ha dictado charlas y seminarios en varias Instituciones Educativas del País, así como para varias empresas privadas, en temas relacionados con Redes Industriales Digitales, Instrumentación Biomédica, Instrumentación Industrial.