

## CAPÍTULO 3.2

# MODELOS DE LÁSER DE FEMTOSEGUNDO PARA CIRUGÍA DE CRISTALINO EXCLUSIVAMENTE

## 3.2.1. Láser de femtosegundo Catalys®

Marta Ibarz Barberá, Pedro Tañá Rivero, Juan Gabriel Ortiz Polo

### INTRODUCCIÓN

El láser de femtosegundo (LFS) «Catalys™ Precision Laser System» es un sistema de láser de escaneado integrado utilizado en cirugía de cataratas para practicar una capsulotomía anterior precisa y fragmentar seguidamente el cristalino, con o sin la realización asociada de incisiones corneales en arco, sencillas y multiplanares. El tratamiento se realiza mediante el uso de pulsos de láser de infrarro-

jos ultrarrápidos ( $10^{-13}$  segundos o cientos de femtosegundos). Dispone además de un subsistema de tomografía de coherencia óptica (OCT) integrado, que ofrece una imagen tridimensional del segmento anterior que permite guiar el tratamiento. Junto con la OCT y el LFS, se emplea además un sistema de escaneado óptico común con el fin de ofrecer un registro simultáneo de los dos subsistemas ópticos. Los componentes del sistema Catalys® se pueden observar en la figura 1.

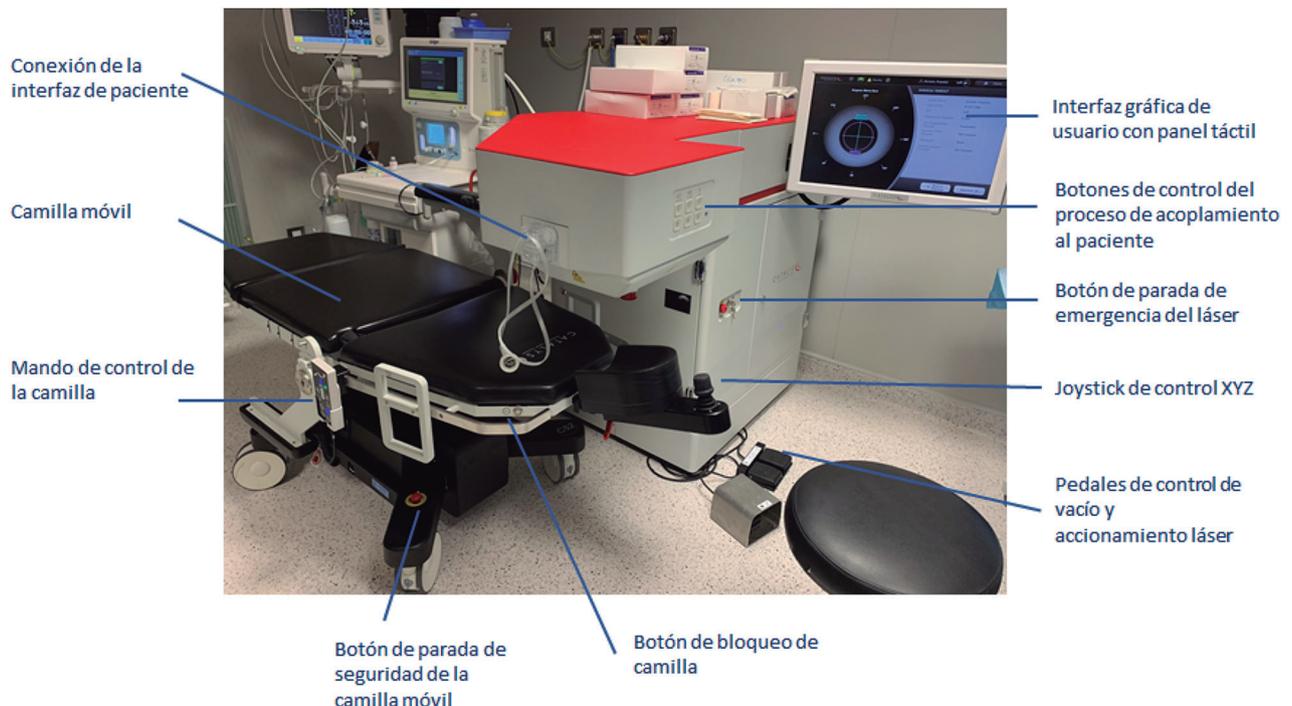
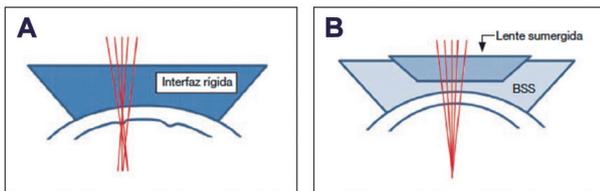


Figura 1. Componentes del sistema láser de femtosegundo Catalys®.



**Figura 2.** En un sistema de interfaz rígida (A) los micropliegues inducidos en la superficie posterior de la córnea durante la aplanación provocan una alteración en el foco del haz del láser de femtosegundo. El uso de una interfase de inmersión líquida (B) evita el aplanamiento y los pliegues corneales al no contactar directamente con la misma, dejando un camino óptico libre de artefactos y aberraciones al haz de luz del láser de femtosegundo (2).

Como elemento novedoso, el sistema Catalys® se puede utilizar con una camilla móvil. Con respecto a la camilla fija, la móvil mejora el flujo de salida y entrada de pacientes en el quirófano evitando tener que desplazarlos de camilla e incluso a veces trasladarlos de un quirófano a otro, con la consecuente disminución del tiempo quirúrgico. La camilla dispone de un sistema *bluetooth* que establece la conexión con el láser y de una palanca de precisión con la que el cirujano puede ajustar la posición en los 3 ejes (X, Y, Z). Una vez terminado el procedimiento del láser, la camilla se desplaza para colocar al paciente debajo del microscopio quirúrgico y completar la extracción del cristalino sin necesidad de levantar al paciente. La nueva camilla móvil dispone además de un sistema de sensores que permiten alinear de manera automática el ojo del paciente, eliminando las fuerzas ejercidas en los ejes X-Y, lo que facilita el proceso de *docking* disminuyendo el número de pérdidas de succión.

## HISTORIA, DESARROLLO Y FABRICANTE

Partiendo de la tecnología existente en cirugía corneal para la creación del flap de LASIK (*Laser in situ keratomileusis*), empleando para ello un cono de aplanación (o interfaz del paciente) plano cuya prioridad es ofrecer una excelente fijación del globo ocular y un adecuado aplanamiento de la córnea para que el sistema láser actúe sobre la córnea (1), la plataforma Catalys®, junto con el LensAR® (Winter Park, Florida, USA), fueron los primeros LFS en desarrollar una **interfase de óptica líquida o lente de inmersión**. El objetivo era evitar la aparición de pliegues en la superficie corneal posterior asociados a la aplanación directa de la córnea. Estos pliegues

no suponen un inconveniente en la creación de una lamela o flap corneal en la cirugía LASIK ya que estarán por debajo del plano de focalización del láser, pero pueden resultar críticos en el efecto del LFS sobre el cristalino durante la capsulotomía y la fragmentación del núcleo en la cirugía FLACS (*Femtosecond laser-assisted cataract surgery*) (fig. 2).

La interfase líquida consta de un anillo de succión disponible en dos diámetros para poder acomodarse a los diferentes tamaños de diámetro blanco-blanco horizontal y apertura palpebral. El anillo de succión se apoya sobre el limbo esclerocorneal, una zona con poca variabilidad anatómica interindividual. A través de un receptáculo relleno con solución salina balanceada (BSS), la lente se acopla sin entrar en contacto directo con la córnea, evitando así la inducción de pliegues corneales y maximizando la precisión del láser y del sistema de guiado «INTEGRAL GUIDANCE» para el tratamiento de estructuras localizadas varios milímetros por detrás de la córnea (2). Por otro lado, el sistema de interfase líquida ha demostrado una reducción de la elevación de la presión intraocular inducida durante la succión (3) en comparación con la interfase rígida (4), lo cual es una ventaja en pacientes en general mayores como medida de neuroprotección. De hecho, su uso en pacientes con glaucoma no está contraindicado, al menos en Estados Unidos, de acuerdo con las recomendaciones de la *Food and Drug Administration* (FDA). En un estudio experimental en ojos de cerdo publicado por nuestro grupo, la medida en tiempo real de la presión intraocular en cámara anterior mostró un incremento medio de tan solo 14 mmHg (3).

El sistema Catalys® fue desarrollado inicialmente por Optimedica Corporation en Silicon Valley. La empresa fue adquirida en 2013 por la compañía Abbott Medical Optics por 250 millones de dólares, y en ese momento el sistema Catalys® ya contaba con la Marca CE en Europa y la aprobación de la FDA en Estados Unidos. Posteriormente, Johnson & Johnson adquirió Abbott Medical Optics en 2017. Johnson & Johnson Surgical Vision, Inc. es actualmente propietaria de 3 marcas comerciales: «Catalys®», «Integral Guidance®» y «Liquid Optics®».

## ELEMENTOS DEL SISTEMA CATALYS®

El sistema Catalys está clasificado como un **sistema láser independiente de clase 4** del Centro para

**Tabla 1. Especificaciones del láser de femtosegundo Catalys®**

<b>Interfaz de paciente</b>	LIQUID OPTICS Interface (LOI): Inmersión por óptica líquida
<b>Tamaño de la interfaz de paciente</b>	Dos tamaños: 14,1 mm (LOI) y 12,0 mm (LOI-12)
<b>Aumento de Presión Intraocular</b>	10,3 mmHg
<b>Tipo de Imagen</b>	OCT Dinámica y Vídeo de volumen total, 3D de alta resolución
<b>Scanning</b>	Más de 10.000 A-scans
<b>Sistema Láser</b>	Láser de femtosegundo de estado sólido ( <i>diode-pumped</i> )
<b>Interfaz de usuario</b>	Panel táctil con interfaz de usuario guiada paso a paso con teclado virtual
<b>Tamaño del sistema</b>	Anchura: 0,87 m Longitud: 1,64 m Peso: 340 Kg

Dispositivos y Salud Radiológica (CDRH por sus siglas en inglés) por la exposición intencionada del láser al ojo del paciente (5). El láser de tratamiento es una configuración de estado sólido bombeada por diodos con una longitud de onda central de 1.030 nm ( $\pm 5$ ) que administra pulsos de luz de duración del orden de femtosegundos ( $1\text{fs} = 10^{-15}$  segundos), empleando niveles de energía notablemente inferiores a los necesarios en caso de usar ultrasonidos.

El sistema de OCT emplea un dominio espectral de 820-930 nm para generar imágenes tridimensionales, identificando las superficies anterior y posterior tanto de la córnea como del cristalino. El sistema «**INTEGRAL GUIDANCE™**» detecta también la cápsula del cristalino, el borde del iris y del limbo esclerocorneal. Para la fragmentación del cristalino, el sistema analiza la luz retrodispersada procedente del sistema OCT para identificar las superficies cristalinas, presentando de forma gráfica la información al cirujano con una frecuencia de actualización de hasta 2 veces por segundo para permitir su verificación en tiempo real. En caso de que el sistema no pueda detectar la superficie posterior del cristalino y no se pueda conocer con exactitud el espesor del mismo, éste podrá adoptar un valor predeterminado de grosor del cristalino de 2,5 mm. El cirujano siempre tendrá la opción de modificar la detección automática si así lo cree conveniente.

El subsistema de imágenes de vídeo emplea una cámara de vídeo monocroma de megapíxeles e iluminación mediante diodos de emisión de luz (LED) alineados en el espectro de 735 nm para obtener imágenes constantes y en directo del ojo a través de la lente del objetivo. Al médico se le presentan las imágenes del subsistema de vídeo durante el proce-

**Figura 3. Pantalla de tratamiento del LFS Catalys® con imágenes de superposición.**

dimiento de captura del anillo de succión para que pueda centrar y verificar el uso del líquido de inmersión, ya que solamente se pueden ver las imágenes enfocadas con claridad cuando el BSS llena el anillo de succión.

La interfaz gráfica del usuario se muestra en una pantalla táctil situada a la derecha del cirujano. En la pantalla veremos una imagen de vídeo ampliada del ojo y podremos introducir los parámetros del tratamiento, visualizar el ojo con las imágenes superpuestas del tratamiento programado e iniciarlo cuando todo esté correcto (fig. 3).

Un resumen de las especificaciones del sistema se puede consultar en la tabla 1.

## PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO

Los pasos a seguir para planificar el tratamiento de FLACS comienzan con la pantalla «**Plan a Treatment**», donde introduciremos los datos básicos como el nombre del cirujano, nombre del paciente, ojo a tratar, queratometría, entre otros. Adicionalmente, encontraremos los iconos para acceder a



Figura 4. Pantalla «Plan a Treatment» básica del láser de femtosegundo Catalys®.

las pantallas de planificación de la capsulotomía, fragmentación del cristalino, incisiones corneales para cirugía de catarata, incisiones arcuatas y marcas intraestromales para el alineado de lentes tóricas (fig. 4). Una vez introducidos los datos básicos, pasaremos a la fase de planificación de la capsulotomía.

## CAPSULOTOMÍA

### Fundamentos físicos de la creación de la capsulotomía por el sistema Catalys®

Los equipos de LFS diseñados para cirugía de catarata realizan la capsulotomía liberando pulsos contiguos de láser que **progresan desde un plano posterior hacia un plano anterior al plano de la cápsula anterior del cristalino**, formando una trama de patrón en espiral (cilíndrico). Si no hay ningún movimiento ocular, el patrón se solapará perfectamente en el plano vertical y horizontal, pero si hay movimiento (generalmente un micro-movimiento horizontal) los pulsos podrían impactar fuera del eje vertical generando zonas de irregularidad menos resistentes y con mayor riesgo de rotura. El riesgo

será mayor cuanto menor sea el espacio entre los *spots*, ya que éstos se solaparán impactando dos veces sobre el mismo punto de la cápsula, creando irregularidades con mayor facilidad (6). En el caso del LFS Catalys®, a diferencia de los equipos duales (aquellos que realizan tanto cirugía corneal como FLACS), la óptica ha sido diseñada de manera específica para optimizar este tipo de incisiones verticales en cirugía de catarata. En la figura 5 se muestra un esquema de los *spots* del LFS en el plano vertical y el horizontal durante la creación de la capsulotomía en FLACS.

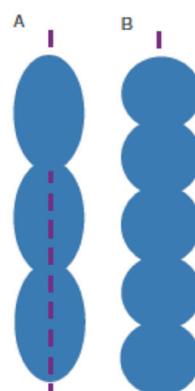


Figura 5. A. El spot de Catalys® para el tallado en sentido vertical es un **spot alargado**. Este tipo de morfología permite disminuir el número de *spots* necesario para realizar la incisión, lo que disminuye a su vez la energía y el riesgo de solapamiento. B. La morfología esférica típica de equipos de cirugía refractiva corneal o equipos duales es ideal para realizar incisiones horizontales que requieren una menor distancia entre *spots*, pero para realizar incisiones verticales necesitan un mayor número de pulsos, lo que aumenta el tiempo de la capsulotomía (7).

Los parámetros inicialmente propuestos por la casa comercial en cuanto a profundidad de la incisión y espacio vertical entre *spots* se han ido optimizando gracias a la investigación clínica. Los primeros estudios realizados en laboratorio con cápsulas de origen porcino, mucho más gruesas que las humanas, sugerían configuraciones que alargaban considerablemente el tiempo de capsulotomía. La cápsula anterior del cristalino en el ser humano tiene un espesor de 11 a 16  $\mu\text{m}$  (8), 4-5 veces más fina que la porcina, sugerían configuraciones que alargaban considerablemente el tiempo de capsulotomía. La cápsula anterior del cristalino en el ser humano tiene un espesor de 11 a 16  $\mu\text{m}$  (8), 4-5 veces más fina que la porcina, y puede ser cortada con un solo pulso de LFS gracias al efecto elongado de los *spots* de láser en el plano vertical. El sistema Catalys® puede ser programado para actuar en condiciones óptimas donde un solo pulso corte la cápsula según avanza el patrón espiral, evitando pulsos solapados, ineficientes, y que además aumentan las posibilidades de rotura capsular. Scott et al. (6) demostraron que aumentando la separación vertical y reduciendo la longitud de la incisión se podía reducir el tiempo de duración de la capsulotomía por debajo de 1 segundo, consiguiendo un mayor porcentaje de capsulotomías libres de puentes e irregularidades y disminuyendo la frecuencia de roturas capsulares. Con el sistema Catalys® podemos realizar capsulotomías de 5 mm de diámetro en menos de 1 segundo, lo que, unido a la morfología del *spot*, permite una reducción del número de impactos y de tiempo, consiguiendo un porcentaje de capsulotomías flotantes en torno al 99-100% (9).

En conclusión, a mayor tiempo de capsulotomía y mayor número de *spots*, mayor probabilidad de que los micro-movimientos generen *spots* fuera de su trayectoria. **El diseño de la óptica del LFS Catalys® permite reducir el riesgo de micro-movimientos oculares, mejora el posicionamiento de los *spots*, aumenta la homogeneidad de la incisión sobre la cápsula anterior y por tanto la resistencia del borde de la capsulotomía.**

## Planificación de la capsulotomía

En la pantalla de planificación de la capsulotomía (fig. 6) podremos principalmente **seleccionar el diámetro de la capsulotomía y el método de centrado**. Este último nos permitirá centrar la capsulotomía de las siguientes formas:

- En la pupila.
- En la pupila «maximizada», muy útil en pacientes con pupila estrecha ya que el sistema determina



Figura 6. Pantalla básica de planificación de la capsulotomía del sistema Catalys®.

el diámetro pupilar y ajusta la capsulotomía de manera automática al máximo posible sin interferir con el borde pupilar.

- En el limbo esclerocorneal.
- En la cápsula escaneada: emplea los datos del sistema «INTEGRAL GUIDANCE™» de las superficies anterior y posterior del cristalino para centrar la capsulotomía en el centro geométrico del saco capsular.
- Capsulotomía customizada: permite arrastrar la imagen en la pantalla táctil hasta la ubicación deseada dentro de la zona de seguridad, pero sólo durante el tratamiento.

Existe además una pantalla más detallada sobre la capsulotomía donde podremos **seleccionar la profundidad de la incisión** (extensión axial del patrón cilíndrico de la capsulotomía centrado en torno a la superficie anterior del cristalino), **y la distancia horizontal y vertical entre los *spots*** (fig. 7). La casa comercial recomienda **600  $\mu\text{m}$  de profundidad de incisión (300 por encima y 300 por debajo** para asegurar una incisión efectiva a lo largo de los 360°



Figura 7. Pantalla detallada de planificación de la capsulotomía del sistema Catalys®.



Figura 8. Pantalla de fragmentación del cristalino con el láser Catalys®.



Figura 9. Pantalla de rotación customizada del eje de fragmentación.

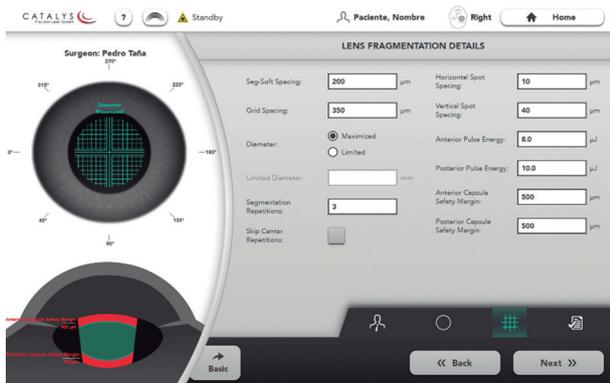


Figura 10. Pantalla en la que se especifican los detalles de la fragmentación del cristalino.

de la cápsula anterior) y una distancia vertical y horizontal entre los spots de 10 y 5 micras, respectivamente. Como hemos comentado en el apartado anterior, podemos utilizar profundidades de incisión menores para disminuir la energía y el tiempo de capsulotomía. En nuestra experiencia, una profundidad de incisión de 550 µm y un espacio vertical entre spots de 15 µm disminuye el tiempo total necesario para realizar una capsulotomía de 5 mm,

tardando 1,6 segundos con los parámetros establecidos por el fabricante y tan solo 0,9 segundos con los parámetros utilizados en nuestro centro. La energía de pulso también se puede modificar, pero lo habitual son 4 µJ.

## FRAGMENTACIÓN DEL CRISTALINO

En la pantalla «Lens Fragmentation» podremos seleccionar el tipo de segmentación (cuadrantes, sextantes u octantes) y si queremos o no aplicar un patrón de ablandamiento, mediante patrones de cuadrículas aplicados a los segmentos fragmentados. Tenemos también la opción de rotar el eje de segmentación, alineando automáticamente el eje con la incisión principal si la hemos programado, o de manera customizada especificando los grados de rotación que deseamos para facilitar la posterior separación de los fragmentos (figs. 8 y 9).

En la pantalla más avanzada de fragmentación del cristalino podremos modificar la distancia entre las líneas de segmentación y las líneas del patrón de cuadrícula, así como el diámetro máximo de fragmentación que deseamos aplicar (fig. 10). Tendremos dos opciones, «maximizado», que significa que el diámetro de la fragmentación será el de la pupila menos 1 mm, o «limitado», donde podemos establecer un límite de diámetro de fragmentación. En nuestro centro utilizamos esta última opción, con un límite de 7,5 mm. En realidad, maximizado y limitado producirán tratamientos de diámetro muy similar en pupilas normales, y sólo en pupilas muy grandes el limitado tendrá un tope máximo de tratamiento, en nuestro caso de 7,5 mm. En la figura 11 se detallan los parámetros habituales de fragmentación del cristalino utilizados en nuestro centro.

Los márgenes de seguridad de la fragmentación los puede ajustar el cirujano, siendo estos márgenes entre 200 y 1.000 µm respecto a la cápsula anterior y entre 500 y 1.000 µm respecto a la cápsula posterior.

El sistema realiza además una detección de estructuras compensando la posible inclinación del cristalino y adaptando de manera automática los márgenes de seguridad de forma paralela a la estructura tridimensional del saco capsular (fig. 12). El usuario podría modificarlos, pero en la práctica clínica no suele ser necesario.

En el vídeo 1 se muestran los pasos de un procedimiento FLACS realizado con el LFS Catalys®.

**LENS FRAGMENTATION**

Template Name:	Favorito	Segmentation Repetitions:	3
Segmentation and Softening:	Quadrants Softened	Skip Center Repetitions:	False
Rotation Type:	Default	Horizontal Spot Spacing:	10 µm
Diameter Type:	Limited	Vertical Spot Spacing:	40 µm
Custom Rotation:	N/A	Anterior Pulse Energy:	6.0 µJ
Limited Diameter:	7.5 mm	Posterior Pulse Energy:	8.0 µJ
Seg-Soft Spacing:	300 µm	Anterior Capsule Safety Margin:	500 µm
Grid Spacing:	300 µm	Posterior Capsule Safety Margin:	600 µm
Laser Time, Lens Frag:	24.8 s	Total Energy, Lens Frag:	8.2 J
Incision Status, Lens Frag:	Treated		

Figura 11. Parámetros habituales de fragmentación en nuestro centro.

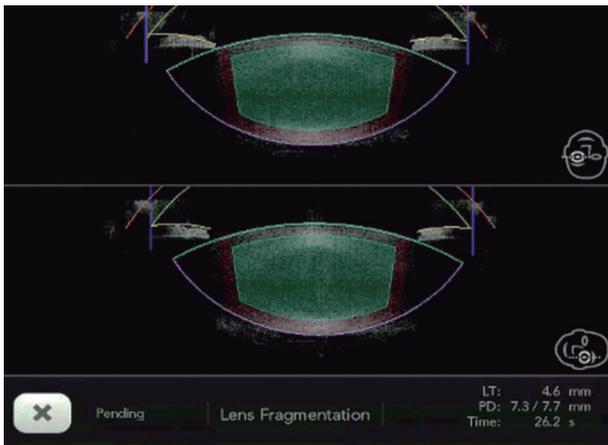
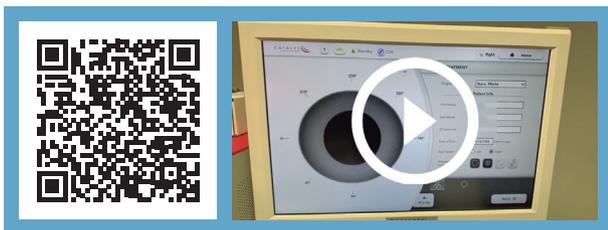


Figura 12. Imagen de la pantalla con los márgenes de seguridad seleccionados para la fragmentación del cristalino.



Vídeo 1. Cirugía de catarata asistida por el láser de femtosegundo Catalys®.

**INCISIONES CORNEALES**

**Incisión principal de FLACS y puerto lateral**

El LFS Catalys® permite al cirujano ajustar la longitud y el ancho tanto de la incisión principal como del puerto lateral, la compensación del limbo, el ángulo de corte lateral y la profundidad del plano anterior y posterior en ambos casos (figs. 13 y 14). Además de los detalles geométricos para realizar incisiones valvuladas en tres planos, nos permite ajustar también otros detalles del láser, como el espacio entre *spots* y la energía, entre otros. El sistema nos

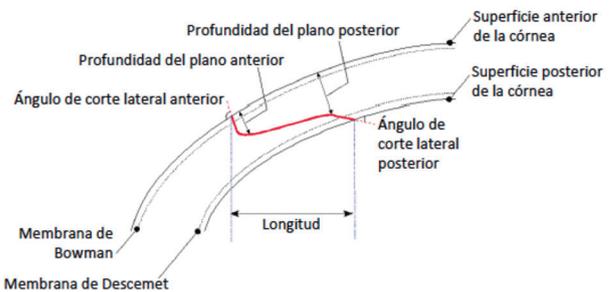


Figura 13. Esquema de la incisión principal en FLACS con Catalys®.

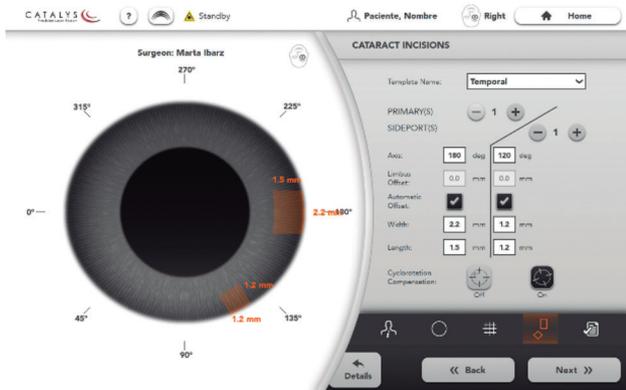


Figura 14. Pantalla de los detalles de ajuste geométrico y del láser de las incisiones corneales de FLACS con el sistema Catalys®.

Femtosecond Laser Nomogram		
Donnenfeld Nomogram for Limbal Relaxing Incisions		Nomogram for 8-mm Arc Incisions
<b>0.50D</b>	1 incision, 1 1/2 clock hours (45 deg. each)	1 incision, 1 clock hour (30 deg. each)
<b>0.75D</b>	2 incisions, 1 clock hour (30 deg. each)	2 incisions, 2/3 clock hour (20 deg. each)
<b>1.50D</b>	2 incisions, 2 clock hours (60 deg. each)	2 incisions, 1 1/3 clock hours (40 deg. each)
<b>3.00D</b>	2 incisions, 3 clock hours (90 deg. each)	2 incisions, 2 clock hours (60 deg. each)

**Figura 15.** Nomograma original de Donnenfeld. El nomograma utilizado por Catalys® se realiza a un 80% de profundidad, ajustando la longitud de arco en incrementos de 1° en función de la queratometría corneal introducida en los datos preoperatorios.

permitirá crear un máximo de 2 incisiones principales y hasta 5 paracentesis.

### Incisiones arqueadas o arcuatas

El uso del LFS para crear incisiones arcuatas es un importante avance con respecto a las incisiones manuales. La precisión en la longitud de arco, la profundidad, la posición angular y la zona óptica son superiores con el láser y como consecuencia las incisiones creadas son más precisas y repetibles. Las incisiones arcuatas manuales, más arte que ciencia, no producen resultados tan repetibles y robustos como los que se obtienen con las «femto-arcuatas» (10).

Los nomogramas disponibles para calcular los parámetros de las incisiones arcuatas creadas con el LFS se fundamentan en los nomogramas clásicos de incisiones limbares relajantes (LRI, del inglés *limbar relaxing incisions*) pero adaptados a la tecnología láser. En el caso de Catalys®, el nomograma utilizado parte del original de Donnenfeld y Nichamin para LRI (10), con una reducción del 33%. La profundidad de la incisión es un 80% de la paquimetría corneal, y el diámetro es de 8 mm. La correspondencia entre el nomograma de Donnenfeld para LRIs manuales y con LFS se muestra en la figura 15.

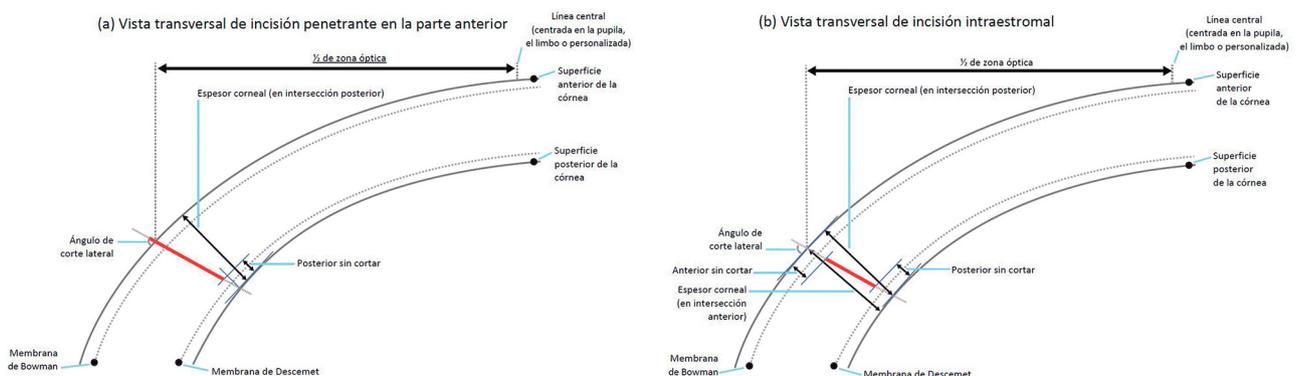
El LFS Catalys® nos permite crear incisiones arcuatas penetrantes (penetrantes anteriores) o intraestro-

males (fig. 16), pero el nomograma sólo es aplicable a las penetrantes, que pueden ser abiertas con un gancho de Sinskey bajo el microscopio quirúrgico o incluso con la ayuda de un sistema de guiado de refracción intraoperatoria a criterio del cirujano. Debido al uso de baja energía, las incisiones penetrantes no tienen un efecto significativo hasta que se abren. Las incisiones intraestromales se realizan sub-Bowman para evitar dañar el epitelio corneal. Actualmente existen nomogramas publicados en la literatura para optimizar los resultados de este tipo de incisiones (11).

Con el sistema Catalys® podremos elegir entre realizar una única incisión, dos incisiones simétricas o asimétricas o realizar marcas para alinear el eje de una lente tórica. Asimismo, el sistema nos permitirá seleccionar el eje, la zona óptica, la longitud y el método de centrado (fig. 17).

### CONCLUSIONES

Catalys® es un sistema que permite la realización de la cirugía de catarata asistida por láser de femtosegundo. Es un tipo de láser fotodisruptivo que permite disminuir la energía liberada por cada pulso de luz reduciendo el daño de los tejidos adyacentes y aumentando la precisión de las incisiones corneales, la capsulotomía y la fragmentación del núcleo del cristalino. Entre sus características prin-



**Figura 16.** Visión esquemática de las incisiones arcuatas penetrantes e intraestromales.



Figura 17. Pantallas de ajuste del diseño de las incisiones arcuatas.

principales destaca la **interfase líquida**, que elimina los pliegues de la cara posterior de la córnea asociados a las interfases rígidas evitando la difracción de los rayos de láser durante el tratamiento e induce incrementos leve-moderados de la presión intraocular, en torno a los 14 mmHg; **el sistema «INTEGRAL GUIDANCE™»** que junto con el sistema de vídeo, permite el reconocimiento en tiempo real de las estructuras intraoculares aumentando el control por parte del cirujano; la **camilla móvil** que mejora el flujo de pacientes optimizando los tiempos quirúrgicos, y la posibilidad de realizar incisiones arcuatas penetrantes e intraestromales para el tratamiento del astigmatismo corneal.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Tañá P, Ortiz JG, Ruiz Mesa R. Fundamentos ópticos del láser femtosegundo en la cirugía de catarata. Monografía SECOIR 2015, capítulo 29.
2. Talamo JH, Gooding P, Angeley D, et al. Optical patient interface in femtosecond laser-assisted cataract surgery: Contact corneal applanation versus liquid immersion. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 501-510.
3. Ibarz M, Hernández-Verdejo JL, Bolívar G, et al. Porcine Model to Evaluate Real-Time Intraocular Pressure During Femtosecond Laser Cataract Surgery. *Curr Eye Res* 2016; 41: 507-512.
4. Hernández-Verdejo JL, Teus MA, Román JM, Bolívar G. Porcine model to compare real-time intraocular pressure during LASIK with a mechanical microkeratome and a femtosecond laser. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 68-72.
5. Clasificación conforme al Código de normas Federales, Capítulo 21, parte 1040.10 (Normas de rendimiento para productos láser) de Estados Unidos.
6. Scott WJ, Tauber S, Eck CD, et al. The Clinical Relationship of Anterior Capsular Tears and Vertical Spacing in the Femtosecond Laser Capsulotomy Procedure. *J Refract Surg* 2019; 35: 280-284.
7. Toyman I, Silbergleit A, Simanovski D, Palanker D. Tissue dissection with ultrafast laser using extended and multiple foci. *SPIE BIOS*; February 7-12, 2015; San Francisco, CA. <http://www.spie.org/Publication/Proceedings/Paper/10.1117/12.842438>.
8. Baraquer RI, Michael R, Abreu R, et al. Human lens capsule thickness as a function of age and location along the sagittal lens perimeter. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006; 45: 2053-2060.
9. Kohnen T. Interface for femtosecond laser-assisted lens surgery. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 491-492.
10. Donnenfeld E, Rosenberg E. Assisting femto incisions with nomograms. *Ophthalmology Management*, June 1, 2015. Online access: [www.ophtalmologymanagement.com/issues/2015/june-2015/assisting-femto-incisions-with-nomograms](http://www.ophtalmologymanagement.com/issues/2015/june-2015/assisting-femto-incisions-with-nomograms).
11. Day AC, Lau NM, Stevens JD. Nonpenetrating femtosecond laser intrastromal astigmatic keratotomy in eyes having cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 102-109.