

4.3.2. Diferencias en cuanto a los resultados clínicos de la técnica manual frente al láser de femtosegundo

Ana López Vázquez, Ana Boto de los Bueis, Almudena del Hierro Zarzuelo, Juan Gabriel Ortiz, Paola Vázquez Colomo, Isabel Mogollón Giralt, Ana Martín Ucero

COMPARACIÓN TÉCNICA MANUAL Y LÁSER DE FEMTOSEGUNDO: HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ

El objetivo de la implantación de ICRS (acrónimo del inglés, *intracorneal ring segments*) en el queratocono, es la mejoría visual, refractiva, aberrométrica y topográfica de los pacientes, dentro de un marco de predictibilidad quirúrgica y seguridad en el procedimiento. El láser de femtosegundo (LFS) ofrece ventajas técnicas como **mayor precisión en la profundidad y diámetro del anillo** (1,2), y **capacidad de centrado y de modificación de la geometría del túnel** vía *software*.

La comparación de los resultados clínicos entre ambas técnicas de tunelización, manual y LFS, es compleja debido a que en los estudios puede haber otras variables que influyen también en los resultados, principalmente la elección y posición del segmento implantado que seleccionamos en base a distintos nomogramas.

En el hospital Universitario la Paz, comenzamos realizando tunelización manual en los primeros 20 pacientes de ectasia corneal en los que implantamos ICRS (29 ojos). En ese momento se implantaban Keraring, siempre en zona óptica (ZO) de 5 mm. La agudeza visual sin corrección (AVsc) mejoró de 0,14 ($\pm 0,12$) a 0,39 ($\pm 0,22$), la queratometría media (Km) disminuyó de 47,9 dioptrías (D) a 42,84 D, el coma de 3,68 ($\pm 3,44$) a 1,92 ($\pm 3,08$), la esfera de -3,15 D a -0,99 D, y el astigmatismo refractivo se redujo de media 3,39 D (rango, -5,98 D a -2,59 D). Estos resultados, evaluados a 6 meses, fueron todos

estadísticamente significativos y superiores a lo publicado en ese momento en la literatura (3). Sin embargo, cuando evaluamos la profundidad del ICRS con ayuda de una tomografía de coherencia óptica del segmento anterior (OCT-SA), en el 45% de los casos, éstos estaban situados a profundidades menores al 50% medido desde el epitelio corneal, cuando nuestra intención había sido posicionarlos al 70%. En córneas más finas los túneles eran más superficiales y en córneas más planas los túneles eran más profundos. A lo largo del seguimiento, retiramos dos anillos por extrusión (6,9%) y uno por dolor secundario a un implante demasiado superficial (3,44%).

En el año 2016 analizamos los resultados de 84 ojos con queratocono fenotipo pato y croissant, operados con LFS (Intralase 150-KHz; Abbott Medical Optics Inc, Santa Ana, California). En ese momento disponíamos de segmentos simétricos Kc (Kc Solutions S.A, Valencia, España) y seguíamos los nomogramas publicados por Alfonso et al. (4). En la mayoría de casos, la ZO fue de 6 mm (73 de 84 ojos). La agudeza visual con corrección (AVcc) mejoró de 0,355 \pm 0,275 logMAR a 0,274 \pm 0,266 y de 0,471 \pm 0,72 logMAR a 0,277 \pm 0,227 en los fenotipos croissant y pato, respectivamente.

En el año 2019 analizamos los resultados con los mismos fenotipos (pato y croissant) pero tratados esta vez con segmentos asimétricos (Keraring AS), un 43% con ZO de 5 mm y un 57% con ZO de 6 mm. Encontramos una mejoría de más de 3 líneas de AVcc en el 47,61% de los casos implantando segmentos asimétricos (21 ojos) en comparación

Tabla 1. Resultados obtenidos tras la implantación de segmentos simétricos y asimétricos con ayuda del láser de femtosegundo, Hospital Universitario la Paz, años 2016-2019

	Km preop	Km postop	Cambio en Km	Astigmatismo preop	Astigmatismo postop	Cambio en el astigmatismo	Coma preop	Coma postop	Cambio en el coma
N	214	214	214	214	214	214	214	214	214
Media	48,29	46,51	-1,77	4,97	3,00	-1,98	3,44	3,28	-0,15
Desviación estándar	4,33	4,04	1,70	2,55	1,87	2,28	3,29	3,22	2,56

N = nº de ojos; Km = Queratometría media.

con el 21,42% que habíamos obtenido en el estudio anterior implantando segmentos simétricos (84 ojos).

Los resultados de nuestra experiencia con la implantación de segmentos simétricos y asimétricos asistida por el LFS se detallan en la tabla 1. La frecuencia de complicaciones derivadas de una profundidad de tunelización inadecuada en los ICRS implantados con el LFS fue inferior al 1% (solo 2 casos de 214 ojos operados).

En unos 20 años de experiencia hemos cambiado la técnica de tunelización, el fabricante de segmentos, y también los nomogramas aplicados. Esto, sumado al escaso número de segmentos realizados con la técnica manual, solo permite describir nuestros resultados sin poder comparar ambas técnicas con valor estadístico.

DESCRIPCIÓN DE LOS NOMOGRAMAS POR FENOTIPOS DE QUERATOCONO

El diseño del ICRS influye en la modificación de la curvatura corneal, siguiendo las siguientes reglas básicas (5):

1. A menor longitud de arco del segmento, mayor corrección del astigmatismo, por la ley de Blavatskaya.

2. A mayor grosor del segmento, mayor corrección por la ley de Barraquer.

3. La implantación en ZO de 5 mm implica mayor potencia de corrección.

4. Los segmentos en ZO de 5 mm son preferibles en queratoconos con asfericidad alta (se considera alta $Q < -0,9$ y baja $Q > -1$ o $-1,2$) y coma bajo (coma entre 1,5 y 2,5).

5. Los segmentos más largos, de 210° y 320° , inducen una mayor reducción en la queratometría media y en la asfericidad que los segmentos de 160° o menores, siendo de elección en córneas hiperprolatas.

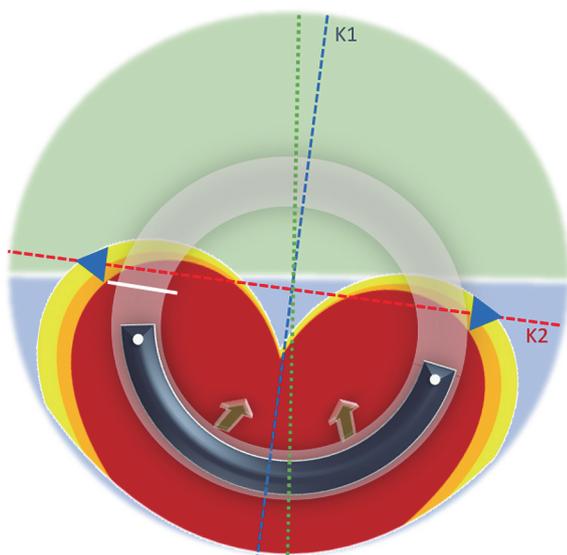
6. Los segmentos de 150° implantados inferiormente reducen el astigmatismo corneal y la aberración comática. En comas altos (coma $> 2,5$) es más adecuado implantarlos en ZO de 6 mm.

7. En caso de astigmatismo regular, el tipo de anillo indicado son dos segmentos de longitud simétrica.

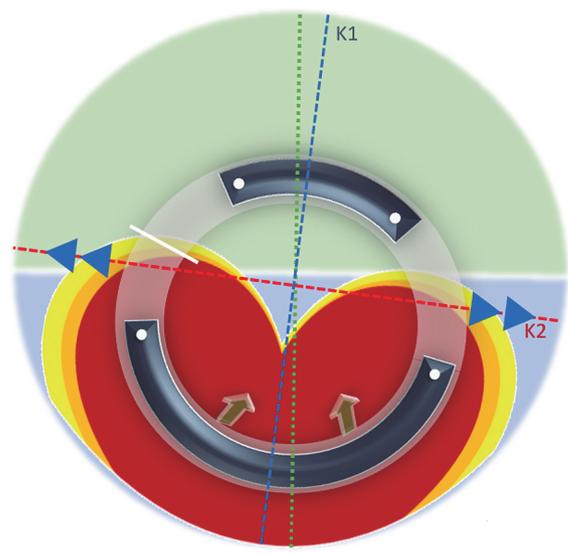
Los nomogramas en los que basamos los planos quirúrgicos de cada caso se basan en estos principios (5,6). Sin embargo, algoritmos de decisión propuestos para un fenotipo concreto por distintos autores, pueden presentar matices diferentes.

Queratocono con eje topográfico y comático coincidentes (divergencia $< 30^\circ$) o Croissant (7) (fig. 1)

Las estrategias actuales coinciden en implantar un segmento simétrico inferior en el eje topográfico



Astigmatismo Bajo



Astigmatismo Alto

Figura 1. Queratocono con fenotipo croissant, asociado a bajo o alto astigmatismo. En ambos casos la incisión de entrada (en blanco) con el LFS se realizará en el meridiano más curvo, si bien en el caso de astigmatismo alto se puede aproximar al anillo más corto.

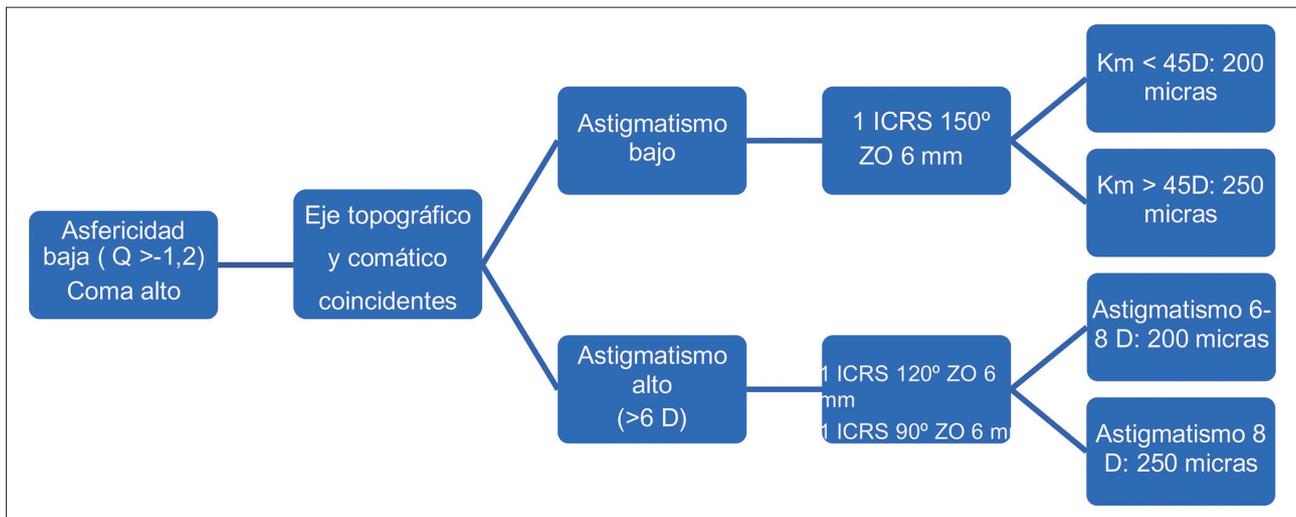


Figura 2. Nomograma de Ferrara en queratoconos con asfericidad baja y eje topográfico y comático coincidentes (Fenotipo Croissant). D = dioptrías; ICRS = *Intracorneal Ring Segment*; ZO = Zona óptica; Km = queratometría media.

Tabla 2. Algoritmo de Fernández-Vega y Alfonso en queratocono con eje topográfico y comático coincidentes. En cuanto a la zona óptica, consideran una ZO de 5 mm en ectasias centrales y una ZO de 6 mm en ectasias periféricas (46)

Astigmatismo topográfico (D)	Longitud ICRS
1,5 – 3	150°
3 – 4,5	120°
> 4,5	Uno de 120° + otro de 90°

D = Dioptrías; ICRS = acrónimo del inglés, *intracorneal ring segments*.

Tabla 3. Algoritmo de Keraring. Elección de la zona óptica del segmento intracorneal basada en el eje K2 (queratometría más curva) en queratocono con eje topográfico y comático coincidentes (47)

Número de Segmentos	Zona Óptica
1 (160°) o 2 (160° + 90°)	K2 ≥ 52 D: 5 mm K2 ≤ 51 D: 6 mm

K2 = eje queratométrico más curvo; D = Dioptrías.

más plano. Sin embargo existen variaciones tal y como se especifica en las tablas 2-4 y figura 2.

Queratocono con eje topográfico y comático no coincidentes (divergencia 30-60°) (fenotipo pato) (8-10)

La estrategia terapéutica propone la inserción de un segmento asimétrico inferior (fig. 3).

Mediphacos (Keraring) recomienda la inserción de segmentos asimétricos de 160° en ZO de 5 mm

Tabla 4. Elección del número de segmentos y espesor de Keraring en base al astigmatismo en queratocono con eje topográfico y comático coincidentes (47)

Astigmatismo (D)	Arco (grados) / Espesor (micras)
≤ 2,5	160° / 150 μm
2,5 – 3,5	160° / 200 μm
3,5 – 4,5	160° / 250 μm
4,5 – 5,5	160° / 300 μm
5,5 – 6,5	160° / 300 μm + 90° / 150 μm
6,5 – 8	160° / 300 μm + 90° / 200 μm
> 8	160° / 300 μm + 90° / 250 μm

(tablas 5 y 6), y Ferrara implantará en ZO de 5 o 6 mm en base a la asfericidad y al coma (fig. 4), señalando como eje de implantación el eje topográfico más plano (9,10).

Cuiña y colaboradores proponen una nueva estrategia en queratoconos con eje topográfico y

Tabla 5. Nomograma Keraring para el tratamiento del queratocono fenotipo pato. Elección de tipo de segmento y espesor en base al astigmatismo en córneas con eje topográfico y comático que difieren 30-60°. El mayor espesor del segmento irá dirigido al eje más curvo del queratocono

Astigmatismo	Segmentos en ZO 5 mm	Espesor del segmento
≤ 4 D	160° asimétrico	150 – 250 μm
4 – 6 D	160° asimétrico	200 – 300 μm
≥ 6 D	160° asimétrico 120° simétrico	200 – 300 μm 200 μm

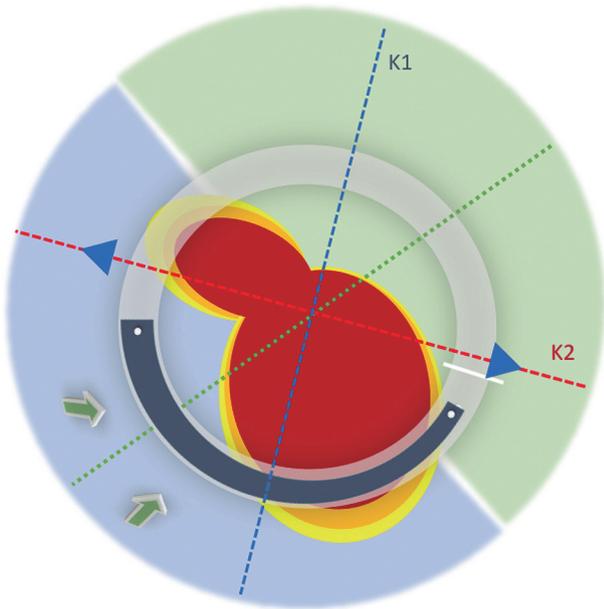


Figura 3. Inserción de un segmento asimétrico (grosor progresivo hacia el cuadrante de mayor curvatura) para el tratamiento de un queratocono fenotipo pato. El eje de implantación se ubicará en la bisectriz del coma y eje refractivo plano si ambos coinciden, o en la bisectriz del eje topográfico plano y refractivo plano si ambos coinciden. La incisión corneal con el láser de femtosegundo se programa en el lado de menor espesor y la anchura del túnel dependerá de la geometría de mayor espesor del segmento.

Tabla 6. Nomograma Keraring. Elección de longitud y espesor de segmentos asimétricos en córneas hiperprolatas fenotipo pato

Km	Segmento asimétrico en ZO 5 mm – Espesor
52 – 54 D	330° – 150 / 250 μm
≥ 55 D	330° – 200 / 300 μm

Km = Queratometría media; D = Dioptías; ZO = Zona óptica.

comático que difieren entre 30° y 75°, a los que denomina fenotipo *croissant* irregular (10) (fig. 5). Básicamente, mantiene segmentos de 210° de Ferrara, esta vez asimétricos para divergencias topográficas-comáticas altas, y utiliza segmentos de 160° asimétricos en divergencias menores.

Queratocono con relación eje topográfico y comático perpendiculares

El mapa de curvatura muestra en estos casos una ectasia en pajarita con lóbulos asimétricos y no angulados entre sí, lo que se denomina ectasia tipo *Snowman*. Se distinguen dos tipos de queratocono con fenotipo *Snowman* (fig. 6):



Figura 4. La elección de la zona óptica en segmentos de Ferrara para el tratamiento de los queratoconos con fenotipo pato viene determinada por la asfericidad y el coma.

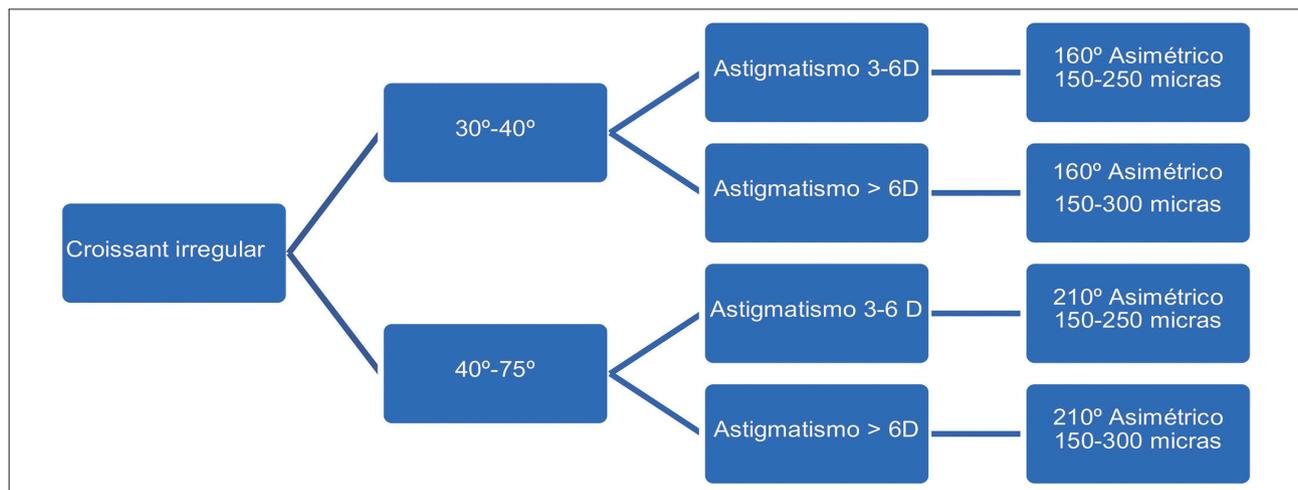


Figura 5. Nomograma para segmento de Ferrara en queratoconos con fenotipo *croissant* irregular. La elección de la longitud del segmento y el espesor vienen determinados por la discrepancia entre los ejes astigmático y comático, y además por el astigmatismo refractivo (51).

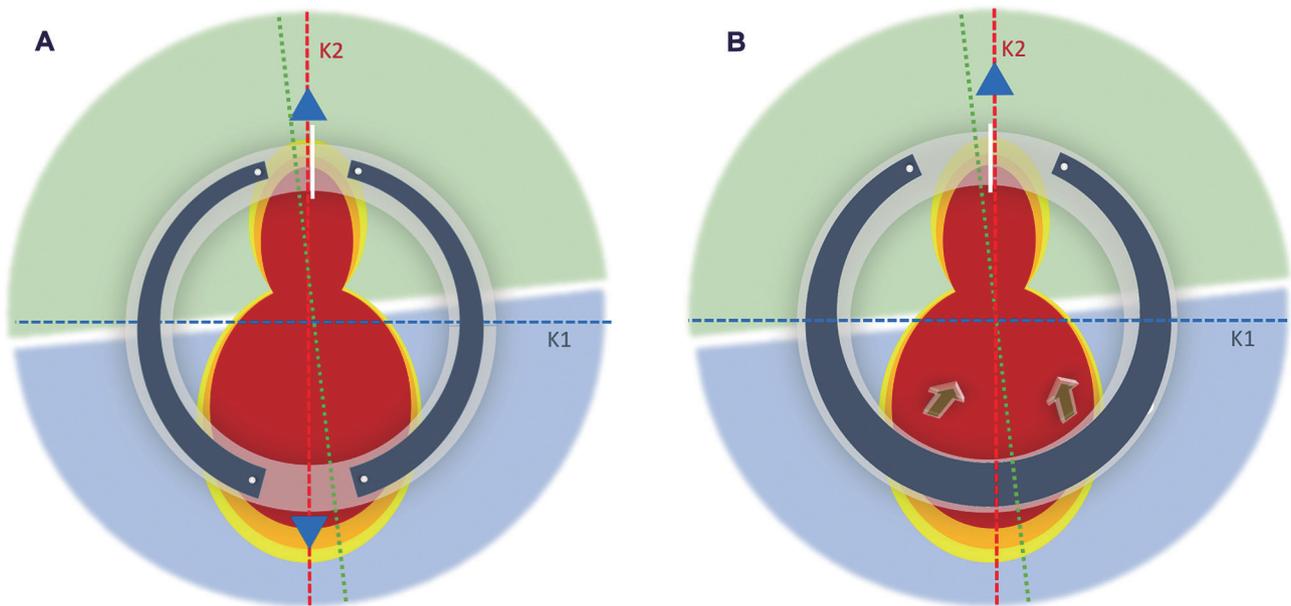


Figura 6. A: Queratocono con fenotipo *Snowman* tipo 1. Implantación de dos anillos de 160° asimétricos en el eje topográfico más plano y la incisión corneal con el LFS se sitúa en el eje curvo orientada a la zona de menor grosor de los anillos. **B:** Queratocono con fenotipo *Snowman* tipo 2. Implantación de un anillo de 330° asimétrico e incisión corneal con LFS centrados en el coma elevando el hemisferio inferior. El túnel del LFS puede ser diseñado ligeramente ensanchado para facilitar la inserción de un segmento largo.

– *Snowman* tipo I: cuando el eje refractivo más plano coincide con el eje topográfico más plano (divergencia < 30°).

– *Snowman* tipo II: cuando el eje refractivo más plano es perpendicular al eje topográfico más plano.

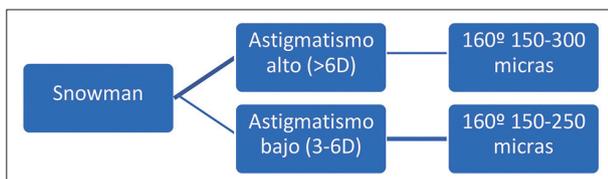


Figura 7. Nomograma de Ferrara en queratocono tipo Snowman. La elección en ZO de 5 o de 6 mm se hará en base a la Q, de manera que para Q bajas se implantará un ICRS en ZO de 6 mm, mientras que Q altas el implante se hará con una ZO de 5 mm.

Fernández-Vega-Cueto y colaboradores proponen la implantación de segmentos simétricos de 150° y espesor fino centrados en el eje comático, con el objetivo de tratar la aberración comática y apenas modificar el astigmatismo. Además, basan la elección de una ZO de 5 o 6 mm en función de la centralidad del queratocono (11).

Por otra parte, Keraring (6) (tabla 7) y Ferrara (9,11) proponen la implantación de dos segmentos asimétricos de 160° en ZO de 5 mm. Si la Q es baja ($Q > -0,9$) Ferrara modifica entonces la implantación a ZO de 6 mm (fig. 7).

En el queratocono con fenotipo *Snowman* tipo 2, Ferrara propone la implantación de segmentos de 210° en ZO de 5 mm, centrados esta vez en el meridiano del coma (tabla 8).

Tabla 7. Nomograma Keraring para la implantación de segmentos asimétricos en queratocono con eje topográfico y comático perpendiculares (fenotipo *Snowman* tipo 1)

Km	Astigmatismo	Arco Asimétrico / ZO / espesor	Eje Implantación
< 52 D	≤ 4D	2 ICRS 160° / 5mm / 150/250 μm	Topográfico plano
	> 4D	2 ICRS 160° / 5 mm / 200/300 μm	
> 52 D		1 ICRS 330° / 5 mm / 150/250 μm	Topográfico curvo
		1 ICRS 330° / 5 mm / 200/300 μm	

Km = Queratometría media; D = Dioptrías; ICRS = Intracorneal ring segment; ZO = Zona óptica.

Tabla 8. Nomograma Ferrara para la implantación de segmentos asimétricos en queratocono con eje topográfico y comático perpendiculares (fenotipo *Snowman* tipo 2)

Coma (µm) en 5 mm	Arco Simétrico / ZO / espesor	Eje Implantación
≤ 1,5	1 ICRS 210° / 5 mm / 200 µm	Comático plano
1,5 – 2,5	1 ICRS 210° / 5mm / 250 µm	Comático plano
>2,5	1 ICRS 210° / 5 mm / 300 µm	Comático plano

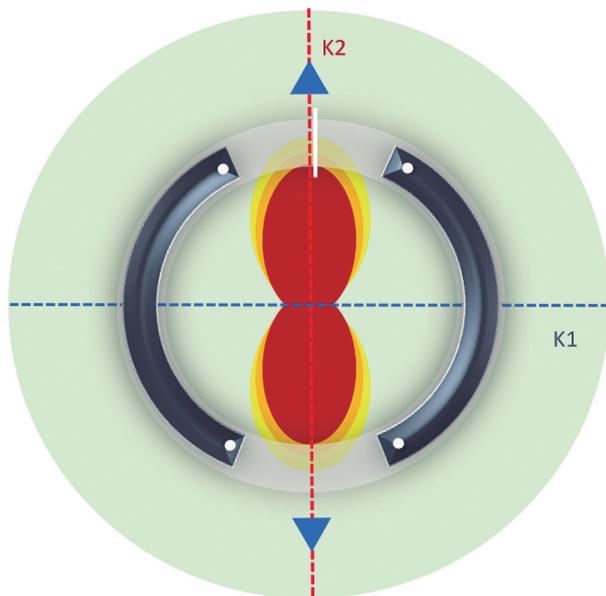


Figura 8. Queratocono con fenotipo «Bow-tie» o Pajarita. Implantación de dos ICRS de igual longitud y espesor implantados en el eje topográfico más plano. La incisión del LFS se programaría en el eje más curvo.

Queratocono con astigmatismo regular, Bow-tie o pajarita simétrica

Es una ectasia central, con una morfología de astigmatismo simétrico, cursando con coma y asfericidad por lo general bajas. Los algoritmos coinciden en implantar dos segmentos de longitud y espesor simétricos y eje de implantación en el eje topográfico más plano (fig. 8).

Las longitudes de arco de los segmentos varían según los nomogramas. Fernández-Vega y Alfonso

Tabla 9. Nomograma Keraring para la implantación de ICRS en el queratocono con fenotipo *Bow-tie* o pajarita simétrica. Elección del espesor del implante en base al astigmatismo topográfico

Astigmatismo topográfico (D)	Espesor implante (micras)
≥ 4	150
4 – 6	200
6 – 8	250
> 8	300

proponen la implantación de 2 segmentos de 150° de longitud de arco y de 150 micras de espesor y en ZO de 5 mm en todos los casos (5).

Mediphacos-Keraring tiene en cuenta la refracción para la elección del segmento, de tal forma que elige la longitud del segmento en base a la esfera, y el espesor según el astigmatismo (6). Si es un astigmatismo mixto utiliza segmentos de 90°, si la miopía es ≤ -2 D, utiliza dos segmentos de 120°, y si la miopía es mayor de -2 D recomienda dos segmentos de 160°. En cuanto a los espesores recomendados, éstos se detallan en la tabla 9. Utiliza una ZO de 5 mm si la K2 es > 52 D, mientras que en el resto de casos recomienda una ZO de 6 mm.

Ferrara utiliza segmentos de 140° en ZO de 5 mm en los casos mayoritarios de coma bajo y asfericidad media ($Q < -0,8$ y $> -1,2$) (fig. 9), y de 120° y 150° en ZO de 6 mm en asfericidades bajas y comas altos ($Q > -0,8$) (fig. 10) y hace elección del espesor a implantar en base a la Q o al astigmatismo.

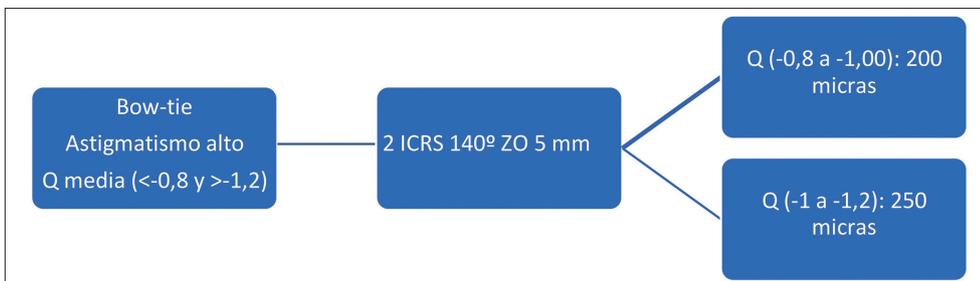


Figura 9. Nomograma de Ferrara para el astigmatismo tipo pajarita simétrica con asfericidad media y coma bajo.

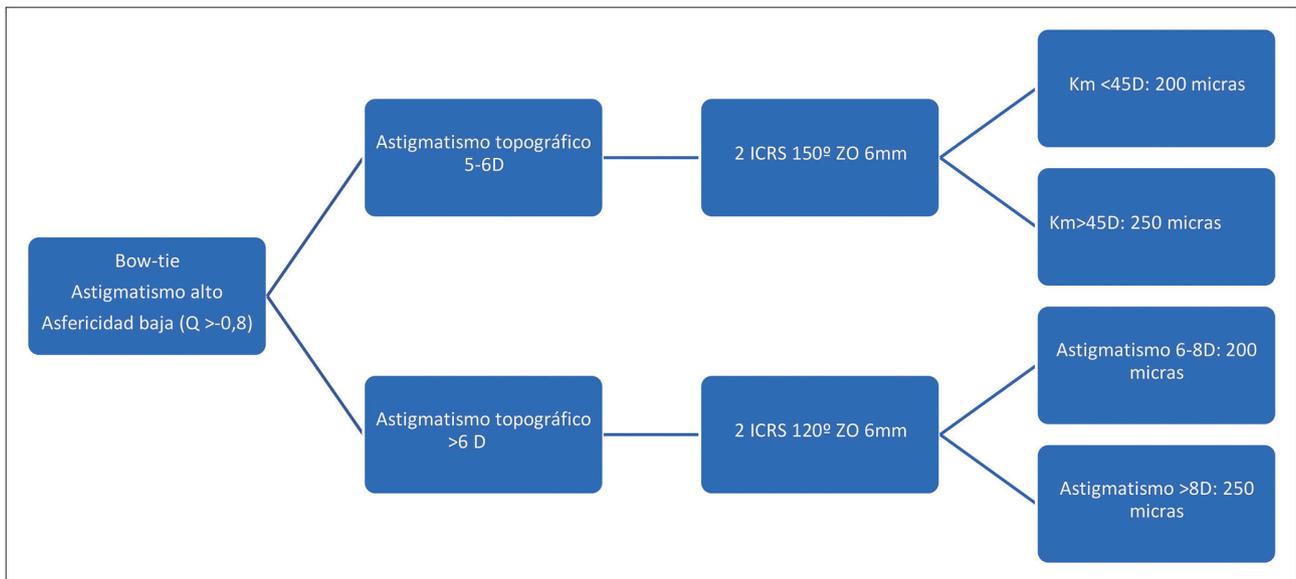


Figura 10. Nomograma de Ferrara para el astigmatismo tipo pajarita simétrica con asfericidad baja.

Queratocono central con asfericidad alta (en pezón, *Nipple*)

Se trata de queratoconos de localización central, que afectan a la esfera y menos al astigmatismo. El objetivo coincide en adaptar un ICRS de gran diámetro para aplanar la córnea y mejorar la asfericidad (fig. 11).

Estarían indicados segmentos de Ferrara simétricos de 320° con espesor de 200 o 250 micras en relación al grosor corneal más delgado en una ZO de 5 mm (fig. 12) (12).

Alfonso y colaboradores proponen un segmento de 210° de longitud de arco y 200 micras de espesor en una ZO de 5 mm (5). En cambio, Keraring recomienda un segmento simétrico de 330° de longitud de arco en el único diámetro disponible de 5 mm y de grosor en base al equivalente esférico si la agudeza visual del paciente es $\geq 20/40$, o en base a la Km si la agudeza visual es $< 20/40$ (tabla 10) (6).

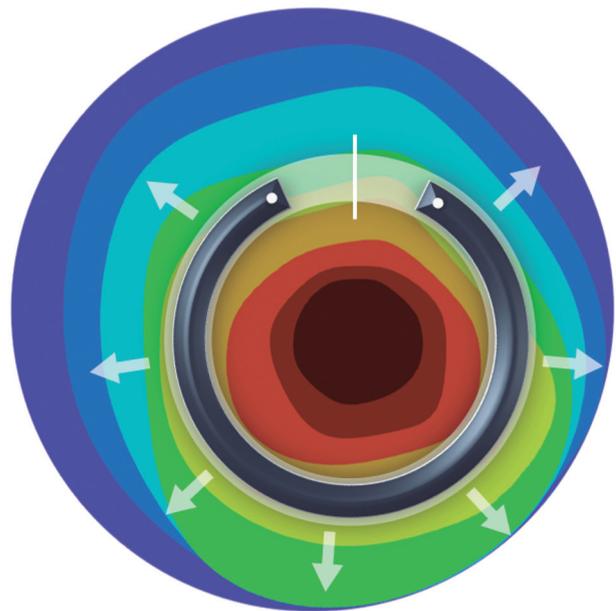


Figura 11. Queratocono central o *Nipple*. La implantación de un anillo de 320° presenta mayor dificultad técnica de introducción. Ensancha ligeramente el túnel al diseñarlo con el LFS puede facilitar la maniobra de implantación.

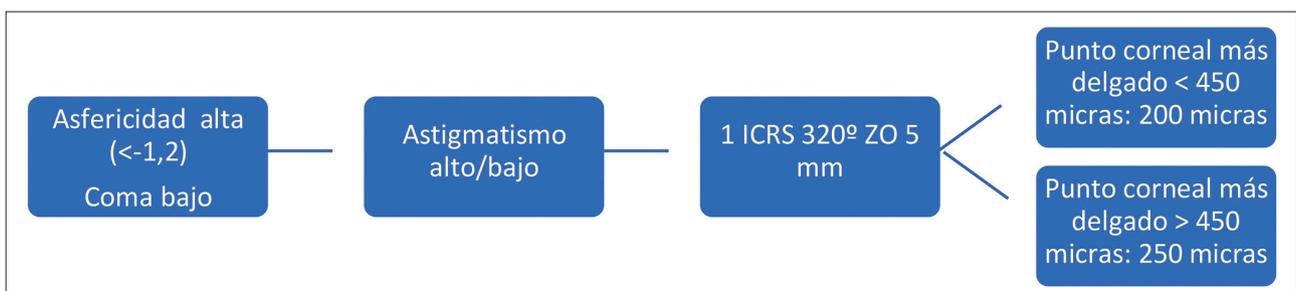


Figura 12. Nomograma de Ferrara en queratoconos con asfericidad alta y coma bajo (fenotipo en pezón o *Nipple*).

Tabla 10. Nomograma de Keraring para queratocono con fenotipo Nipple

Equivalente esférico (D)	Km (D)	Arco ICRS / Espesor en ZO 5 mm
2 – 4	< 48	325° / 150 micras
4 – 6	48 – 50	325° / 200 micras
6 – 8	50 – 52	325° / 250 micras
> 8	> 52	325° / 300 micras

A modo de resumen para este fenotipo, se trata de utilizar un segmento de espesor simétrico en ZO de 5 mm de la mayor longitud de arco de que disponga cada casa comercial. Dado que el astigmatismo no tiene importancia en este fenotipo, el eje del implante debería estar a 270°.

COMPARACIÓN TÉCNICA MANUAL Y LFS: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La agudeza visual mejora significativamente con ambas técnicas, manual y con LFS, sin haberse establecido una diferencia significativa entre ambos grupos. En algunos estudios se encuentra una mejoría de la AVcc sólo con la técnica de LFS, que los autores explican por la inclusión en la técnica manual de casos más severos y de complicaciones (13,14). En cuanto a los resultados refractivos, topográficos y aberrométricos, se ha encontrado que el efecto sobre estos es independiente de la técnica utilizada para la creación del túnel estromal.

Para la obtención de un beneficio refractivo, necesitamos que la inserción del segmento sea una técnica precisa y predecible. Inserciones superficiales pueden llevarnos a exposiciones del segmento, migraciones, correcciones inadecuadas del astigmatismo o *melting* corneal (15,16). Inserciones profundas podrían conducir a perforaciones corneales y daño endotelial (15), así como a un pobre resultado, pues implantaciones a una profundidad mayor del 80% del grosor estromal, tienen un efecto mínimo en la curvatura corneal.

La implantación de segmentos con LFS es más precisa y predecible que con la técnica manual, incluso si comparamos con cirugías realizadas por un cirujano experto que haya superado su curva de aprendizaje (17). Con el LFS, no se encuentran diferencias significativas entre la profundidad de implantación del segmento obtenida y la planeada

de manera prequirúrgica, lo que supone una menor probabilidad de necesitar un recambio de segmento por resultados inesperados (18).

El LFS ha demostrado menor traumatismo corneal y menor número de complicaciones postoperatorias (1,15,19) respecto a la tunelización manual. La incidencia de éstas viene determinada por la experiencia del cirujano, sobre todo en la técnica manual, y por la correcta creación del túnel. La diferencia entre ambas técnicas es hasta cuatro veces mayor para la cirugía manual durante los primeros años de experiencia del cirujano. La precisión en la realización del túnel estromal por el LFS se asocia a cirugías más seguras. La técnica manual va asociada a complicaciones como perforaciones anteriores y posteriores, extensión de la incisión hacia el eje visual y colocación asimétrica del segmento (15). La mayoría de estas complicaciones se producen en los tres primeros años desde la implantación y en ojos con un mayor cilindro refractivo y topográfico prequirúrgico y una menor agudeza visual. Con el LFS se pueden producir complicaciones como perforaciones o necesidad de recambio del segmento, pero en menor proporción (15).

Así pues, se podría afirmar que **para unos mejores resultados**, en términos de AV y refracción, **es necesaria una correcta clasificación de la ectasia y un nomograma personalizado de implantación, más que la técnica quirúrgica en sí misma. Con el LFS podemos realizar una técnica quirúrgica más precisa y con menos complicaciones.**

BIBLIOGRAFÍA

1. Peris-Martínez C, Aviñó Martínez JA, Pastor Pascual F. Técnica quirúrgica de implantación de segmentos intracorneales asistida con láser de femtosegundo, ventajas e inconvenientes. En: Técnicas de modelado corneal, J. Cezón y SECOIR, Eds. Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva, 2009, pp. 309-321.
2. Monteiro T, Alfonso JF, Franqueira N, et al. Predictability of Tunnel Depth for Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation Between Manual and Femtosecond Laser Techniques. J Refract Surg 2018; 34: 188-194.
3. Torquetti L, Ferrara P. Intrastromal corneal ring segment implantation for ectasia after refractive surgery. J Cataract Refract Surg 2010; 36: 986-990.
4. Alfonso JF, Lisa C, Merayo-Llodes J, et al. Intrastromal corneal ring segment implantation in paracentral keratoconus with coincident topographic and coma axis. J Cataract Refract Surg 2012; 38: 1576-1582.
5. Alfonso Sanchez JA, Lisa Fernández C, Fernández-Vega L, et al. Clasificación morfológica del queratocono para su

- corrección con segmentos intracorneales. En Peris Martínez C, Alejandro Alba A, ed. *Actualización en Queratocono*. Barcelona: Glosa; 2017. pp. 193-205.
6. www.Youtu.be/ruqaJN4gvvM.
7. Fernández J, Peris-Martínez C, Pérez-Rueda A, et al. Evaluation of a new nomogram for Ferrara ring segment implantation in keratoconus. *Int J Ophthalmol* 2021; 14: 1371-1383.
 8. Prisant O, Pottier E, Guedj T, Hoang Xuan T. Clinical Outcomes of an Asymmetric Model of Intrastromal Corneal Ring Segments for the Correction of Keratoconus. *Cornea* 2020; 39: 155-160.
 9. Baptista PM, Marques JH, Neves MM, et al. Asymmetric Thickness Intracorneal Ring Segments for Keratoconus. *Clin Ophthalmol* 2020; 14: 4415-4421.
 10. Cuiña Sardiña R, Arango A, Alfonso JF, et al. Clinical evaluation of the effectiveness of asymmetric intracorneal ring with variable thickness and width for the management of keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2021; 47: 722-730.
 11. Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, Alfonso-Bartolozzi B, et al. Intrastromal corneal ring segment implantation in paracentral keratoconus with perpendicular topographic and comatic axis. *Eur J Ophthalmol* 2021; 31: 1540-1545.
 12. Zaky AG, KhalafAllah MT, Sarhan AE, Elsaywy MF. Evaluation of a Tangential Map-Based Nomogram for Intrastromal Corneal Ring Segments' Implantation in Keratoconus: One Year Results. *J Ophthalmol* 2020; 2020: 3983508.
 13. Piñero DP, Alio JL, El Kady B, et al. Refractive and aberrometric outcomes of intracorneal ring segments for keratoconus: mechanical versus femtosecond-assisted procedures. *Ophthalmology* 2009; 116: 1675-1687.
 14. Monteiro T, Alfonso JF, Franqueira N, et al. Comparison of clinical outcomes between manual and femtosecond laser techniques for intrastromal corneal ring segment implantation. *Eur J Ophthalmol* 2020; 30: 1246-1255.
 15. Sakellaris D, Balidis M, Gorou O, et al. Intracorneal Ring Segment Implantation in the Management of Keratoconus: An Evidence-Based Approach. *Ophthalmol Ther* 2019; 8 (Suppl 1): 5-14.
 16. Kanellopoulos AJ, Pe LH, Perry HD, Donnenfeld ED. Modified intracorneal ring segment implantations (INTACS) for the management of moderate to advanced keratoconus: efficacy and complications. *Cornea* 2006; 25: 29-33.
 17. Monteiro T, Alfonso JF, Franqueira N, et al. Predictability of Tunnel Depth for Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation Between Manual and Femtosecond Laser Techniques. *J Refract Surg* 2018; 34: 188-194.
 18. Peris-Martínez C, Dualde-Beltrán C, Fernández-López E, et al. Effect of the variability in implantation depth of intracorneal ring segments using the femtosecond laser technology in corneal ectasia. *Eur J Ophthalmol* 2020; 30: 668-675.
 19. Monteiro T, Alfonso JF, Freitas R, et al. Comparison of Complication Rates between Manual and Femtosecond Laser-Assisted Techniques for Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation in Keratoconus. *Curr Eye Res* 2019; 44: 1291-1298.