



Uso de modelos 3-D de superficies esclero-corneales (SEC) sintéticas para el aprendizaje teórico-práctico de la adaptación de lentes de contacto corneales rígidas.

Use of 3D models of synthetic sclerocorneal surfaces (SEC) for theoretical-practical learning of the adaptation of rigid corneal contact lenses.

S. Otín^a, S. N. Tolón^b, D. Gargallo^d, L. Remón^e, J. Ares^f.

Facultad de Ciencias, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza.

^bsofotin@unizar.es, <https://orcid.org/0000-0003-4709-1838> ; ^cneretoli@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7418-8753>; ^ddiana.gargallo@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4709-1838>; ^elauremar@unizar.es <https://orcid.org/0000-0002-3979-4528>; ^f fatxutxa@unizar.es, <https://orcid.org/0000-0002-1124-0363>

How to cite: S.Otín, N. Tolón, D. Gargallo, L. Remón y J. Ares. 2022. Uso de modelos 3-D de superficies esclero-corneales (SEC) sintéticas para el aprendizaje teórico-práctico de la adaptación de lentes de contacto corneales rígidas. En libro de actas: *VIII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 6 - 8 de julio de 2022. <https://doi.org/10.4995/INRED2022.2022.15854>.

Abstract

In this paper we present the procedure for the design and 3-D printing of Sclero-Corneal Surface (SCS) models based on real ocular morphological data and its use in the Optometry laboratory of the Optics and Optometry Degree in the practical classes of Advanced Contactology. Learning about what is a correct adaptation of rigid gas permeable (RGP) contact lenses (CL) is acquired through the theoretical study of examples of adaptations and the subsequent practice of different and repeated placements of RGP CLs on human SCSs. This learning procedure is limited by the impossibility of repeated use of some LCs due to the need to disinfect them, the lack of ease in placement that reduces practice time, the discomfort suffered by the student-patient (SP) that prevents supporting certain CLs and the lack of varied geometries of SCSs between the SPs causes a learning deficit since multiple scenarios are not available. The use of SCS models as an ocular surface in which to test different RGP CLs resolves these limitations in addition to strengthening the student's training on geometric parameters by getting involved in the design and manufacture of the models.

Keywords: *Sclero-corneal surface, contact lens fitting, fluorogram.*

Resumen

En este trabajo presentamos el procedimiento de diseño e impresión 3-D de modelos de Superficies Esclero-Corneales (SEC) basadas en datos morfológicos oculares reales y su utilización en el laboratorio de Optometría del Grado de Óptica y Optometría en las clases

Uso de modelos 3-D de superficies esclero-corneales (SEC) sintéticas para el aprendizaje teórico-práctico de la adaptación de lentes de contacto corneales rígidas

prácticas de Contactología Avanzada. El aprendizaje de qué es una correcta adaptación de lentes de contacto (LC) rígidas gas permeables (RGP) se adquiere mediante el estudio teórico de ejemplos de adaptaciones y la posterior práctica de diferentes y repetidas colocaciones de LCs RGP sobre SECs humanas. Este procedimiento de aprendizaje se ve limitado por la imposibilidad del uso repetido de algunas LCs debido a la necesidad de desinfección de las mismas, la falta de soltura en la colocación que reduce el tiempo de práctica, la incomodidad que sufre el alumno-paciente (AP) que impide soportar ciertas LCs y la carencia de geometrías variadas de SECs entre los APs ocasiona un déficit en el aprendizaje ya que no se dispone de múltiples escenarios. El uso de modelos SEC como superficie ocular en la que probar distintas LCs RGP resuelve estas limitaciones además de fortalecer la formación del alumno sobre parámetros geométricos al involucrarse en el diseño y fabricación de los modelos.

Palabras clave: *Superficie esclero-corneal, adaptación de lentes de contacto, fluorograma.*

1. Introducción

Las adaptaciones de lentes de contacto (LCs) rígidas gas permeables (RGP) corneales se basan en conseguir el máximo paralelismo con la superficie corneal (SC) permitiendo un reservorio lagrimal central de entre 60 y 80µm en córneas normales con el objetivo de mantener la integridad de la SC. (Douthwaite 2006) La valoración de la adaptación puede realizarse utilizando softwares que simulan la relación entre la LC y la SC en función de los parámetros morfológicos obtenidos mediante topografía y una base de datos con las características de las LC, sin embargo, lo más habitual es interpretar la adaptación mediante la visualización del “fluorograma”. El fluorograma es la imagen del tándem LC-SC, observándose fluorescente la película lágrima postlental (PLP), previamente teñida con fluoresceína sódica, mediante un biomicroscopio acoplado a un sistema de iluminación de luz azul cobalto. (Fig. 1)

La cantidad de PLP depende de los espacios existentes entre la LC y la SC, de manera que si ambas tienen una forma geométrica semejante se observará una PLP uniforme tal y como se aprecia en la figura 1. En el caso que no exista este paralelismo, generalmente ocasionado por una mala relación entre la cara posterior de la LC y la SC, se apreciarán zonas con acúmulos de fluoresceína. Si el radio de curvatura de la zona



Figura 1. Imagen de un fluorograma.

óptica posterior (RZOP) de la LC es mayor que el radio de curvatura de la SC el fluorograma mostrará una zona negra central y un acúmulo de forma anular periférico (Fig. 2.A). Si por el contrario el RZOP es menor que el radio de curvatura corneal el fluorograma mostrará un acúmulo de fluoresceína central y un anillo oscuro periférico (Fig. 2.B).(Phillips and Speedwell 2007)

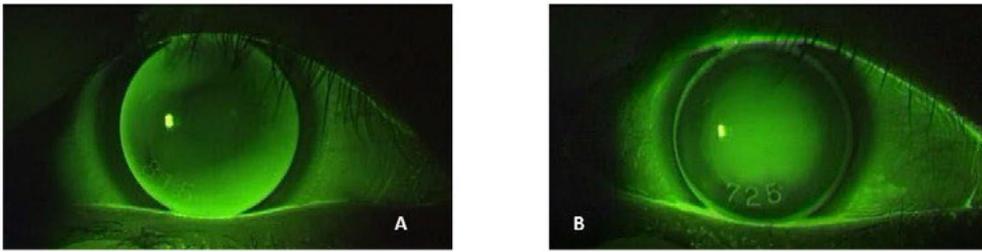


Figura 2. Fluorogramas. 2.A). Fluorograma plano o abierto. 2.B). Fluorograma cerrado

El aprendizaje de este procedimiento por parte de los alumnos del Grado de Óptica y Optometría (G.O.O.) se realiza en el tercer curso, una vez ya han adquirido las competencias para el manejo del biomicroscopio, en la asignatura de contactología, cuyas prácticas tienen una duración de 3h y media por sesión y que se basa en la realización de adaptaciones entre ellos mismos. Eligen LCs aleatoriamente, que sigan o no las normas de adaptaciones, y evalúan diferentes fluorogramas, que generalmente presentan los patrones más habituales. Existen varios factores que limitan la capacidad de aprendizaje según este método como son: la imposibilidad del uso repetido de algunas LCs debido a que se precisa desinfectarlas entre el uso de diferentes usuarios; la falta de soltura en la colocación y extracción, lo que reduce el tiempo que disponen para hacer un número elevado de simulaciones durante la sesión; las molestias que sufre el alumno-paciente (AP) impide soportar ciertas LCs puestas durante un tiempo prolongado, y por tanto, no colabora para que su compañero pueda evaluar y valorar cómodamente el fluorograma; la carencia de geometrías variadas de LC-SC entre los APs (debido a que la gran mayoría de los alumnos tienen corneas normales y sanas) ocasiona una carencia en el aprendizaje ya que no se dispone de diferentes escenarios que sí se dan en la actividad profesional.

El uso de modelos de SEC diseñados y fabricados por los alumnos permiten realizar adaptaciones repetidas y variadas, con múltiples y distintas geometrías, sin necesidad de desinfectar LCs y evitando los problemas con el porte de las mismas. Incrementa el tiempo que los alumnos pueden estar practicando dentro del horario asignado por la facultad así como integrar de manera más sólida los conceptos asociados a la geometría corneal como excentricidad o asfericidad, y la relación entre la queratometría corneal y los RZOP de los meridianos principales de la LC.

2. Objetivos

2.1. Objetivos principales:

2.1.1. Desarrollar una metodología que ayude al alumno a adquirir los conceptos sobre geometría de superficies cónicas de una forma más amena.

2.1.2. Introducir nuevas técnicas de aprendizaje mediante modelos que ya han sido incorporadas en otras titulaciones como los Grados de Enfermería o Medicina.

2.2. Objetivos secundarios.

2.2.1. Incrementar en número de simulaciones que los alumnos puedan realizar en una sesión práctica y mejorar el rendimiento de las clases prácticas.

2.2.2. Conseguir una mayor atención y dedicación por parte del alumno en las prácticas universitarias de larga duración.

3. Desarrollo de la Innovación

1.1. Diseño y fabricación de los modelos SEC

El proceso de diseño de la forma geométrica con la que se imprimirán los modelos SEC se realiza mediante una aplicación (App) desarrollada con el software Matlab® R2021.a (Mathworks Inc.). Los datos morfológicos corneales introducidos en el diseño se obtienen de topografías realizadas a pacientes reales y a partir de datos inventados, en base a los anteriores, para exagerar formas patológicas. Esta App también nos permite realizar simulaciones de fluorograma; la aplicación dibuja el volumen del modelo SEC que se espera imprimir y el volumen correspondiente a la LC que se quiere probar en dicho modelo durante la practica docente y observamos el fluorograma de este tándem. De esta manera comprobamos que la forma del modelo impreso se corresponde con lo que esperamos obtener en su uso en las clases prácticas. En la figura 3 se observa la predicción de fluorograma correspondiente con la combinación 2 que se explica en el siguiente apartado (Tabla 1).

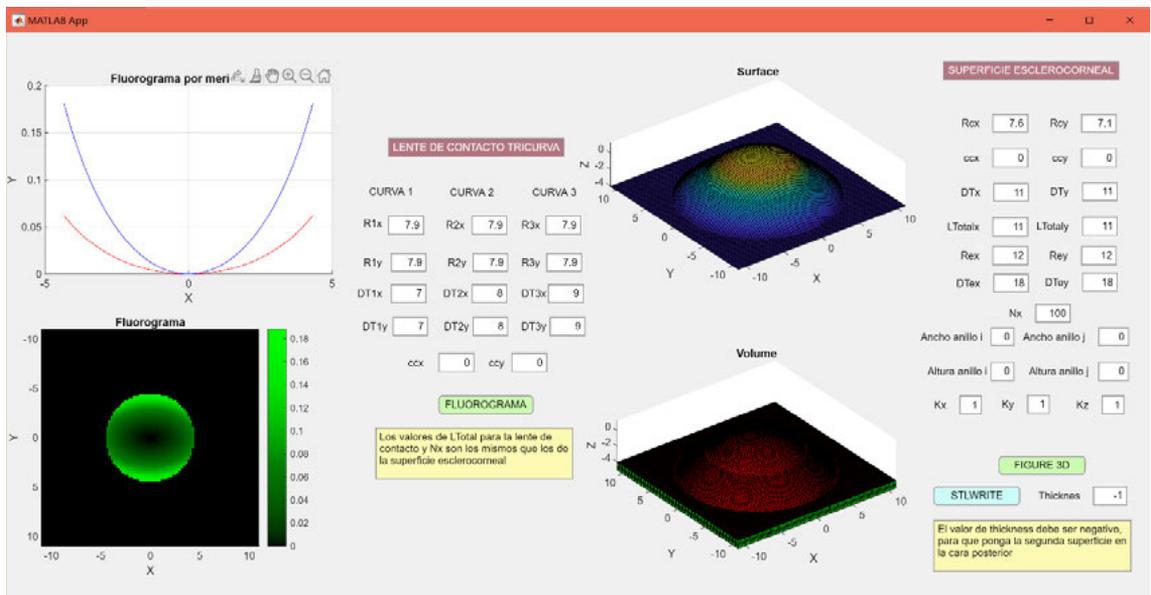


Figura 3. Captura de pantalla de la App de la relación SEC-LC

Una vez está listo el diseño del modelo SEC, la fabricación se realiza mediante impresión 3D de barrido láser en resina epoxi (Impresora Moai 130 SLA). (Fig. 4).



Figura 4. Imagen de los modelos de SEC obtenidos con la impresora 3D

Los modelos SEC obtenidos deben ser tintados en color negro para lograr una superficie opaca que nos ofrezca contraste para observar el fluorograma. (Fig. 5)

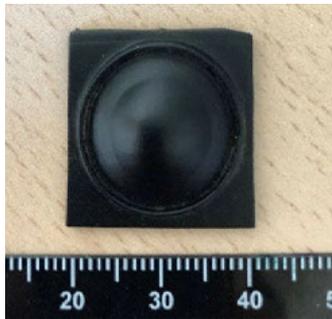


Figura 5. Modelo SEC para estudio de fluorogramas.

1.2. Incorporación de los modelos SEC en la dinámica de las clases prácticas.

Las prácticas se desarrollan durante un curso completo universitario. La asignatura de contactología cuenta un total de 48 alumnos que son repartidos en cuatro grupos, de 12 alumnos cada uno, en los cuáles se forman parejas (A-P) para realizar las actividades. Se recomienda que los miembros de las parejas dentro de cada grupo vayan cambiando para practicar con el mayor número de escenarios (ojos) posibles. Durante el primer cuatrimestre (C1) de la asignatura se aprende la realización de las pruebas necesarias para caracterizar la SC y las superficies de una LC: radio de curvatura, asfericidad, etc. Así como el manejo y evaluación de la adaptación de LC RGP sobre córneas humanas (cerrado, abierto u óptimo). En el segundo cuatrimestre (C2), a partir de los datos geométricos corneales y de los datos de LCs obtenidos durante el C1 se diseñaron los modelos SEC y se seleccionaron una serie de LCs que permitían observar los 3 patrones de fluorograma. Además, se fabricaron modelos SEC con geometrías típicas de ojos patológicos esperando encontrar patrones de Fluorograma “exagerados” y anormales.

La implantación de la innovación se hizo de forma alterna entre los distintos grupos. En una primera práctica, los grupos I y III realizarían actividades con los modelos mientras que los grupos II y IV realizarían la práctica según la rutina habitual (pruebas entre compañeros). La siguiente semana los grupos se

intercambiaron, grupos II y IV practicaron con los modelos y los grupos I y III según la dinámica habitual. Este procedimiento se realizó durante dos semanas consecutivas. De esta manera se consiguió una muestra con dos grupos: el grupo que practicaba con la dinámica nueva (grupo INN) y el grupo que seguía la dinámica habitual (grupo no INN). Al finalizar cada sesión práctica los alumnos respondieron un cuestionario de satisfacción y un cuestionario de evaluación de conocimientos.

4. Resultados

Se fabricaron un total de 15 modelos SEC con diferentes características geométricas según los datos obtenidos de las topografías realizadas a los alumnos. Los parámetros se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen de los modelos SEC fabricados según sus características geométricas de cara anterior. Φ : diámetro. R1: radio de curvatura de un meridian principal. R2: radio de curvatura del meridiano principal perpendicular. Q: asfericidad.

Nº SEC	ϕ Corneal (mm)	ϕ Total (mm)	R1 (mm)	R2 (mm)	Q	Tipo de Superficie
1	11,5	24	7,6	7,6	0	Esférica
2	11,5	24	7,7	7,7	0	Esférica
3	11,5	24	7,8	7,8	0	Esférica
4	11,5	24	7,9	7,9	0	Esférica
5	11,5	24	8	8	0	Esférica
6	11,5	24	7,6	7,1	0	Tórica
7	11,5	24	7,7	7,2	0	Tórica
8	11,5	24	7,8	7,3	0	Tórica
9	11,5	24	7,9	7,35	0	Tórica
10	11,5	24	8	7,45	0	Tórica
11	11,5	24	7,6	7,6	-0,3	Asférica
12	11,5	24	7,7	7,7	-0,3	Asférica
13	11,5	24	7,8	7,8	-0,3	Asférica
14	11,5	24	7,9	7,9	-0,3	Asférica
15	11,5	24	8	8	-0,3	Asférica

Se planificaron distintas combinaciones de LC RPG-SEC según las LCs disponibles para la realización de la práctica con el objetivo de obtener distintos resultados de fluorograma. En la tabla 2 se exponen dos combinaciones de LC RGP- SEC acompañadas por la figura 6 donde se aprecia el fluorograma que se obtenía esta combinación en la experiencia práctica.

Tabla 2. Combinaciones de parámetros entre moldes SEC y LCs esféricas de diámetro corneal.

Combinación	Radio // Asfericidad (Q) SEC	Radio // Asfericidad LC	Relación fluorograma
1	7,6mm// -0,3	7,30mm // 0,0	Cerrada
2	7,6 x 7,1mm // 0	7,90mm // 0,0	Abierta con astigmatismo

En la Fig. 6.1 podemos observar un gran acúmulo central de fluoresceína que definiría una relación SEC-LC cerrada. En la Fig. 6.2 se aprecian zonas oscuras (menos fluoresceína) en el meridiano horizontal frente a una zona con mayor acúmulo, distribuida en el meridiano vertical. Esto muestra una adaptación esférica sobre superficie tórica.

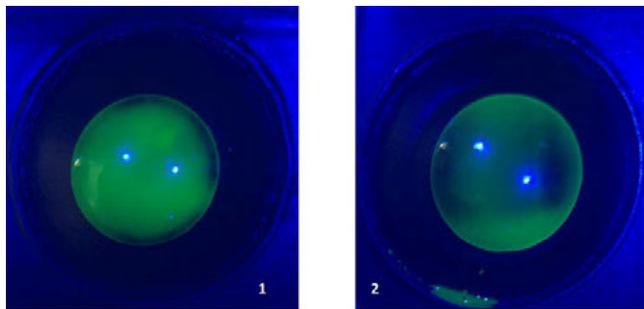


Figura 6. Imágenes de los fluorogramas obtenidos de las combinaciones SEC-LC de la tabla 1.

Se utilizaron algunos de los anteriores modelos SEC para estudiar fluorogramas con LC RPG de diseños especiales como LC de apoyo semi-escleral (ICD) y con LC de geometría inversa para Ortoqueratología (Orto-K). En la tabla 3 se exponen algunas de las combinaciones SEC-LC.

Tabla 3. Combinaciones de parámetros entre moldes SEC y LCs especiales.

Combinación	Radio // Asfericidad (Q) SEC	Características LC	Relación fluorograma
3	7,8mm // 0	Orto-K Bc 8,00	Abierto
4	7,1 x 7,6mm // 0	ICD Ø16,50 Sag 3800	Toque en CCZ
5	7,1 x 7,6mm // 0	ICD Ø14,50 Sag 4000	Toque en LCZ

(CCZ: zona de claridad central, LCZ: zona de claridad limbar, Bc: curva base, Ø: diámetro, Sag: ságit)

Los fluorogramas obtenidos de las combinaciones 3, 4 y 5 se muestran en la figura 7. En la Fig. 7.3 podemos observar las diferentes curvas propias de una lente de Orto-K con menos fluoresceína en el centro y en el anillo de apoyo, y mayor cantidad de fluoresceína e anillo correspondiente con la zona del reservorio y otro anillo correspondiente con el levantamiento de borde. En este ejemplo la LC queda abierta (mayor acúmulo de fluoresceína del considerado normal y entrada por la zona superior) por lo que deberíamos modificar los parámetros de la LC. En la Fig. 7.4 se aprecia fluorescencia en toda la LC con menor cantidad en la zona central (zona de claridad central, CCZ) por lo que se puede concluir que deberíamos aumentar la ságit en este caso de LC. En la Fig. 7.5 se aprecia buena claridad central con un pequeño toque (zonas oscuras) en superior e inferior-izquierda en el anillo denominado zona de claridad limbar (LCZ), correspondiente con la zona más próxima al limbo. Este ejemplo muestra que se debe modificar esta curvatura de la LC.

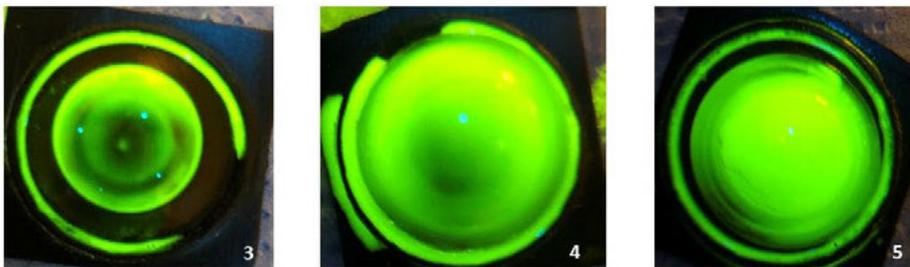


Figura 7. Fluorogramas de modelos SEC con LC especiales

Los resultados de las encuestas de satisfacción realizadas por los alumnos mostraron que el 81% de los alumnos contemplaron esta metodología como “muy interesante” y el 63% de los alumnos consideraban este método más útil que el habitual. El 34% de los alumnos refirió que había tenido algún problema para utilizar los modelos SEC y el 4% había tenido muchos problemas para realizar la práctica completa. Se observó que los alumnos de los grupos INN habían realizado un 30% más de simulaciones de adaptación por sesión que los alumnos de los grupos no INN. Los resultados de los cuestionarios de conocimientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los resultados del grupo INN y del grupo no INN. De forma subjetiva, añadir que los docentes involucrados en la asignatura y participaron en llevar a cabo este proyecto observaron unas sesiones prácticas más dinámicas y amenas.

5. Conclusiones

1. El diseño y fabricación personalizada mediante impresión 3D de modelos de SEC con los parámetros que los alumnos han extraído de sus propias topografías corneales permiten que el alumno visualice e integre qué es una superficie cónica y sus características.
2. El diseño y fabricación personalizada mediante impresión 3D de modelos de SEC permite simular distintos escenarios de combinaciones SC-LC que facilita al alumno la comprensión del concepto de adaptación y evaluación de LC-RGP sin usar como plataforma sus propios ojos.
3. Se aumentó el número de simulaciones que se podían realizar en una sesión mediante el uso de modelos SEC.
4. Los alumnos mostraron un elevado grado de satisfacción ante el uso de modelos SEC pese a que encontraron ciertas dificultades en su manejo.
5. En este periodo de aplicación de esta innovación no observamos una mejora significativa en cuanto a los resultados de los cuestionarios de evaluación de conocimientos.

6. Referencias

1. Douthwaite, W. A. 2006. *Contact Lens Optics and Lens Designs*. Elseiver.
2. Phillips, A. & L. Speedwell. 2007. *CONTACT LENSES*. Butterworth Heinemann ELSEIVER.