

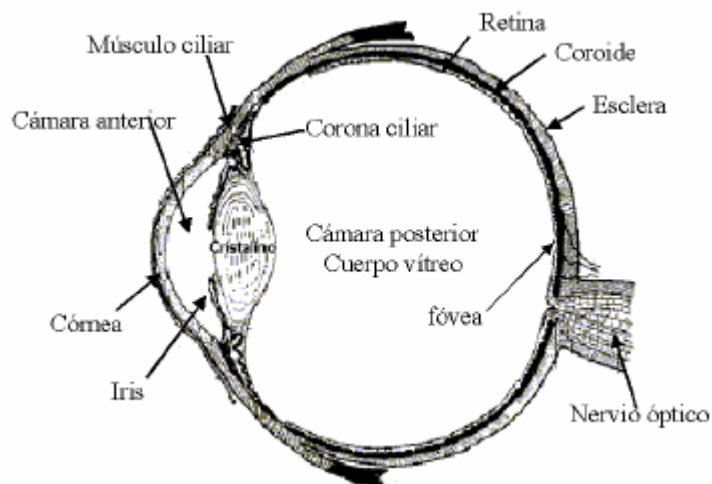
## EVOCO (Evaluador de la Visión en Ojos con Córnea Operada)

### ESPECIFICACION INICIAL

Se propone el desarrollo de un programa informático para la evaluación del efecto de corrección de la ametropía y de la calidad de la visión de un ojo con miopía corregida mediante cirugía de la córnea.

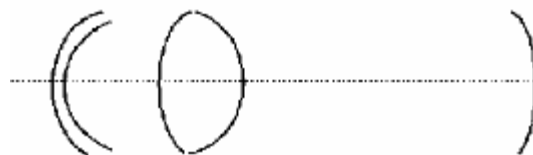
Aspectos que son relevantes en la aplicación que se desarrolla, son:

- La aplicación debe admitir un modelo realista del ojo emétrepe, del ojo con una miopía baja, mediana o severa y del efecto de corrección que se produce con la cirugía de cornea.
- La aplicación debe evaluar de forma fiable la imagen que se obtiene para cualquiera de los tres casos anteriores, mediante el trazado exacto de un conjunto amplio de rayos ópticos que alcanzan el ojo dentro de la zona de visión.
- El programa debe tener capacidad de evaluar diferentes factores de calidad de la visión que contrasten el comportamiento de un ojo bajo los tres casos que se consideran.



### Modelo del ojo

Se considera el modelo de ojo de Kooijman. Este considera al ojo formado por un conjunto de superficies cónicas (con forma esférica, pero muy próxima a formas esféricas) con simetría de revolución.



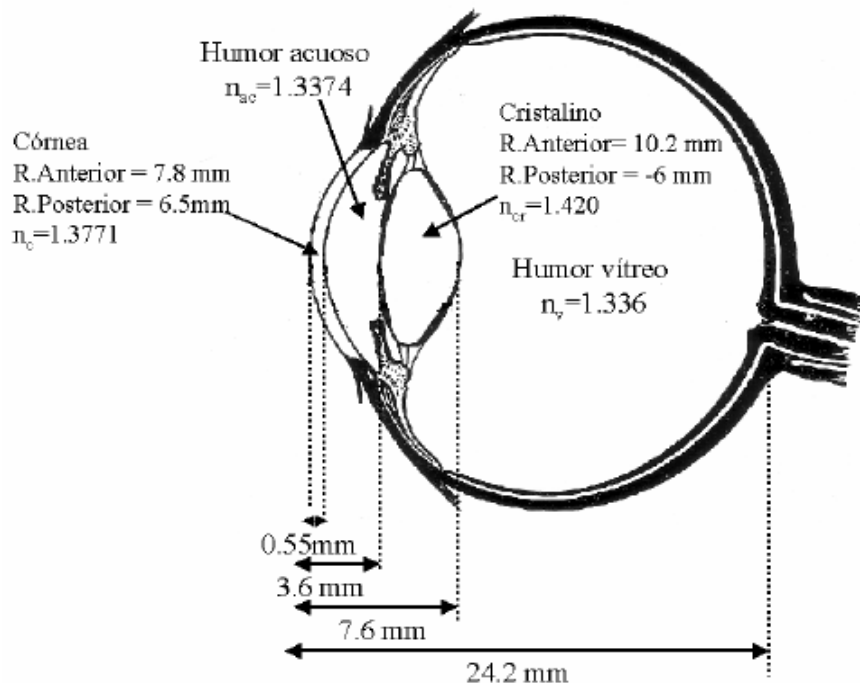
La ecuación general de cualquiera de estas cónicas es

$$\left(x - \frac{R}{p}\right)^2 + \frac{y^2}{p^2} = \frac{R^2}{p^2}$$

donde x e y son las coordenadas cartesianas, R es el radio central y p es una constante que determina la forma de la cónica y que está relacionada con la asfericidad  $Q=p-1$ . En la siguiente tabla se indican los valores típicos de los parámetros que determinan las superficies del sistema óptico.

Parámetro ocular	Córnea		Cristalino		Retina
	Cara anterior	Cara posterior	Cara anterior	Cara posterior	
Radio / mm	7.8	6.5	10.2	-6	-14.1
Asfericidad Q	-0.25	-0.25	-3.06	-1.0	1.346
Forma	Elipsoide	Elipsoide	Hiperboloide	Paraboloide	elipsoide
Distancia Vértice/ mm	0.0	0.55	3.6	7.6	24.2
Índice de refracción tras el dioptrio	1.3771	1.3374 (Humor acuoso)	1.420	1.336 (Humor vítreo)	-

Así mismo, en la siguiente figura se muestran las distancias y los índices de refracción de un ojo típico.



El modelo paraxial de este modelo se caracteriza por las siguientes ecuaciones:

Distancias focales:  $f = \frac{nR}{n-n'}$        $f' = \frac{n'R}{n'-n}$       (1)

donde R es el radio central del dioptrio, y n y n' los índices de refracción de los medios anterior y posterior del dioptrio.

Distancia focal del sistema total:  $f' = \frac{-f_1' f_2'}{e - f_1' + f_2'}$  (2)

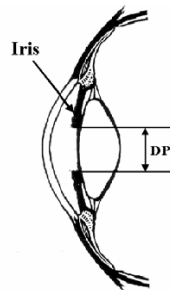
Poder refractor total del sistema:  $P = \frac{n'}{f'}$  (3)

Aplicando estas ecuaciones a los dos dioptrios que constituyen la córnea y el cristalino, y designando por e el espesor entre las caras de las superficies refractoras, se pueden evaluar los parámetros básicos del sistema óptico bajo visión paraxial.

	Córnea	Cristalino	Ojo teórico total
<b>e / mm</b>	0.55	4	6.08
<b>f / mm</b>	-23.61	-61.4	-16.68
<b>f' / mm</b>	31.57	61.34	22.29
<b>P / D</b>	42.36	21.78	59.94

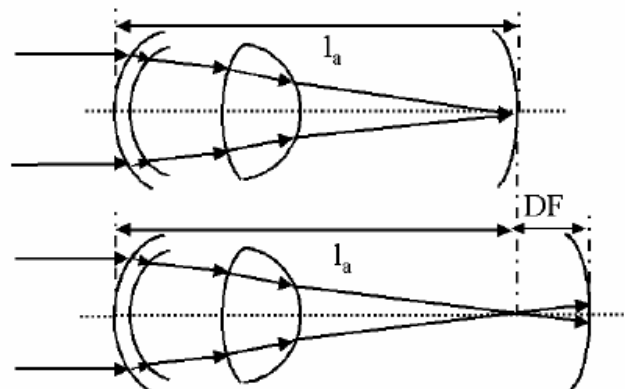
Los valores que aparecen en la cuarta columna corresponden al sistema óptico resultante de acoplar los sistemas córnea y cristalino, siendo f y f' las distancias focales objeto e imagen respectivamente del sistema óptico global, P el poder refractor y e la distancia entre el plano focal objeto e imagen del sistema total acoplado.

En el ojo teórico hay que tener en cuenta la influencia de la abertura pupilar que es regulada por el iris. El diámetro pupilar fluctúa entre 2 mm de diámetro para visión de alta luminosidad y 8 mm en visión nocturna.



### Modelo de ojo miope.

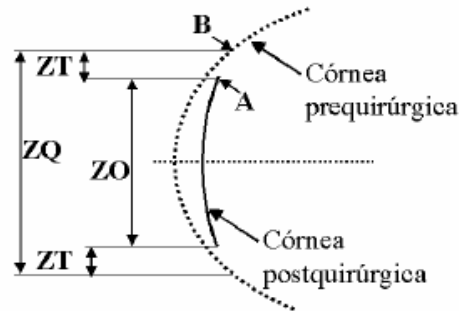
Un ojo miope es aquel que tiene un exceso de poder refractor, y por tanto su imagen se forma antes de la retina.



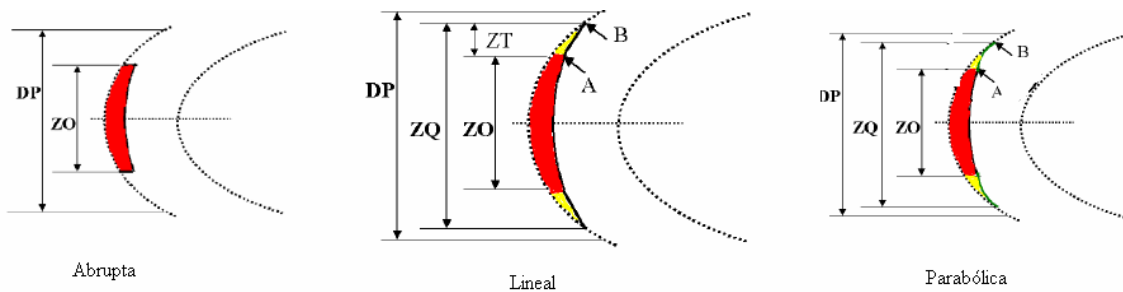
Para un ojo con un grado de miopía de  $-nD$ , el defecto de focalización DF puede obtenerse restando a la distancia focal imagen del ojo amétrope la distancia focal imagen del ojo emétrope.

### Modelo del con corrección quirúrgica en la cornea.

En la figura se muestra la modificación de la geometría exterior de la cornea que se lleva a cabo para corregir una miopía. La asfericidad de la cornea prequirúrgica y tallada es la misma (valor típico  $Q=-0.25$ ).

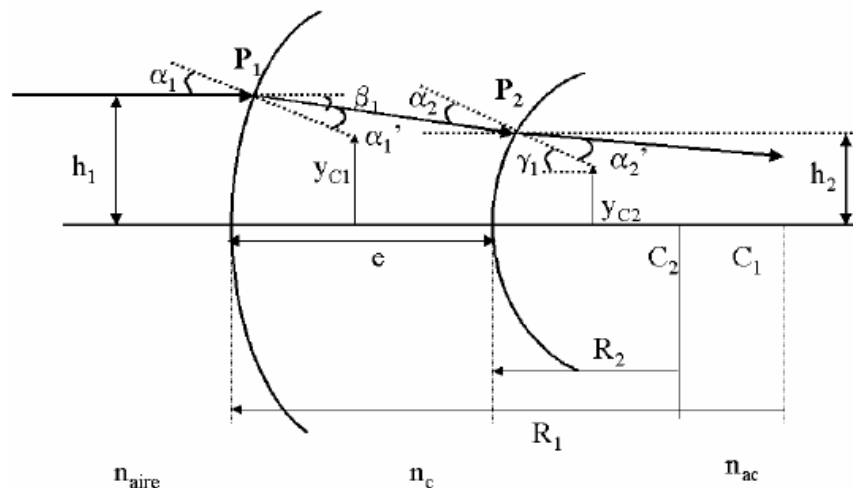


En esta figura,  $R_{pre}$  es el radio central prequirúrgico (típico 7.8 mm),  $R_{post}$  es el radio central postquirúrgico,  $e$  es el espesor corneal eliminado,  $ZO$  es la zona óptica cuyo radio de curvatura es corregido (diámetro típico 6 mm),  $ZQ$  es la zona quirúrgica afectada (diámetro típico 7.5 mm) y  $ZT$  es la zona de transición de la que se considera tres modelos: abrupta, lineal y parabólica.



### Trazado de los rayos ópticos.

Como se muestra en la figura, cada rayo óptico se calcula utilizando la ley de Snell en cada superficie que encuentre el rayo.



Para cada superficie esférica se conocen los radios centrales, su asfericidad, la posición de corte de estas con el eje óptico y los índices de refracción de los medios que se encuentran entre las superficies  $n_{aire}$ ,  $n_c$  y  $n_{ac}$ .

El programa debe evaluar la trayectoria quebrada exacta que sigue un rayo que incide paralelamente al eje X y a una distancia  $h$  del eje óptico. Para ello habrá que aplicar la ley de Snell a cada incidencia del rayo en cada superficie del sistema. El resultado final será la distancia con el eje óptico en que el rayo impacta sobre la retina.

### Evaluación de la calidad óptica

Los criterios de valoración de la calidad de visión comparan el comportamiento del ojo con el del ojo emétrepe ideal que focaliza una imagen del infinito en un punto de la retina. Se basa en evaluar la trayectoria de un gran número de rayos paralelos al eje óptico y separados a diferentes distancias de él, que representan un objeto en el infinito, y del análisis de la dispersión de la mancha de los impactos en la retina, que es un reflejo de la aberración esférica del sistema, de su desenfoque y de la no uniformidad radial del sistema por el tallado de la cornea.

Específicamente se utilizan dos criterios de valoración:

- El diámetro de la mancha de impactos en la retina, que evalúa la desviación respecto del caso emétrepe ideal (emétrepe para rayos paraxiales) que sería un punto de diámetro nulo,
- El diámetro de la mancha de impactos constituida por el 60% de los rayos que impactan mas cerca del eje óptico. Que evalúa la desviación respecto del caso emétrepe, excluidos los rayos desviados por las heterogeneidades que generan un halo más amplio.
- La razón de energía ER que se evalúa como

$$ER = \frac{I_{real}(100\mu m)}{I_{emétrepe}(100\mu m)}$$

siendo

$I_{real}(100\mu m)$  el número de rayos que inciden en la retina a una distancia menor de  $100\mu m$  del eje óptico.

$I_{emétrepe}(100\mu m)$  el número de rayos que en el caso emétrepe inciden a una distancia menor de  $100\mu m$  del eje óptico.

Este parámetro representa la relación entre la intensidad luminosa que incide en la fovéola para un ojo amétrepe y un ojo emétrepe.

Ambas magnitudes, se evalúan para diferente valores de abertura pupilar de visión de alta intensidad DP=3 mm, visión normal DP=5 mm y visión nocturna DP=8 mm.

También se evaluará para los tres perfiles (abrupto, lineal y parabólico) de la zona de transición en el ojo tallado mediante cirugía de córnea.

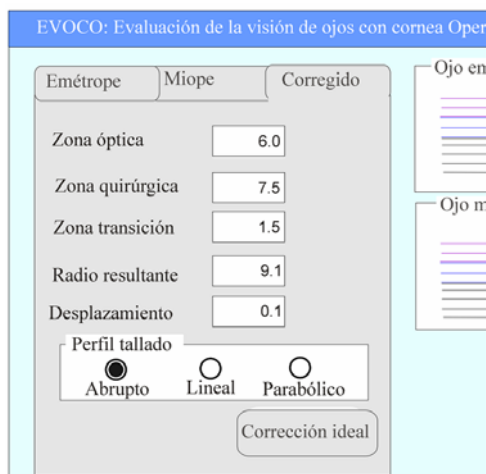
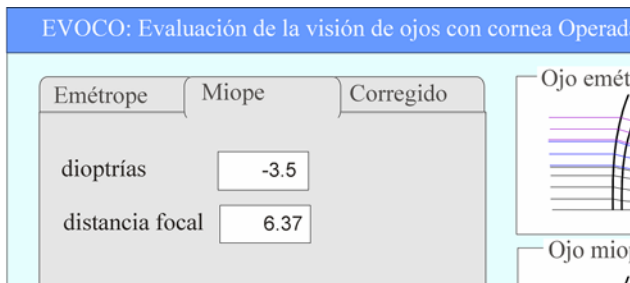
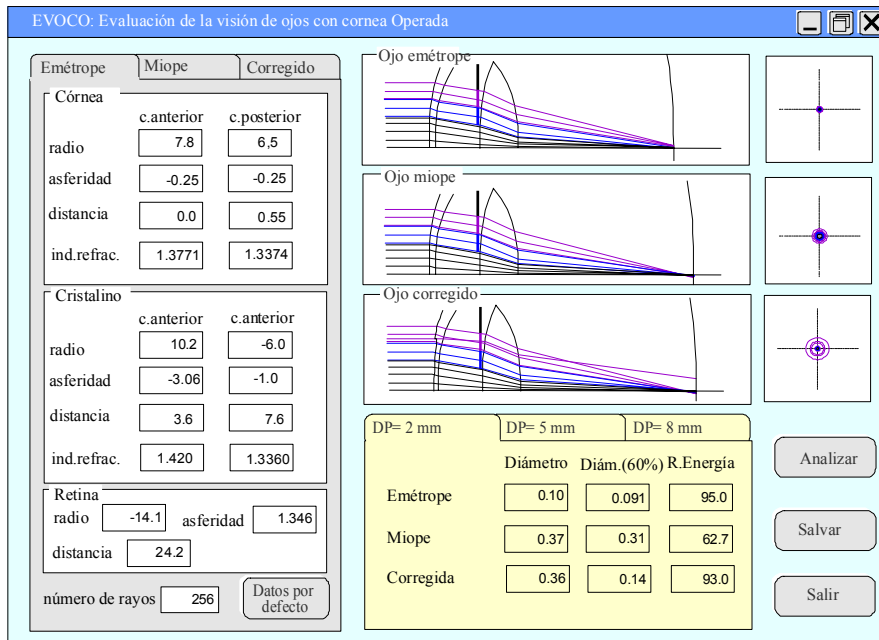
### **Funcionalidad de la aplicación informática.**

La aplicación deberá basarse en una interfaz gráfica de usuario (GUI), que permita amigablemente realizar las siguientes interacciones:

- Introducción de los modelos:
  - Debe visualizar los parámetros que caracterizan al ojo emétrope, con una determinada miopía, con un determinado perfil de tallado y para un determinado diámetro de la pupila.
  - Establecer automáticamente los parámetros que corresponden a los casos típicos de visión emétrope, a los casos típicos de miopía y a los valores típicos de tallado de la corrección quirúrgica.
  - Y en último término, establecer el valor de cualquier parámetro del modelo
- Visualizar el proceso de análisis del sistema óptico. Debe visualizar el trazado de un conjunto predeterminado de rayos incidentes para los tres casos de ojo (emétrope, miope y tallado).
- Representar los valores de los parámetros de calidad de visión: Representar en forma tabular los tres parámetros de calidad de visión y para los tres casos de ojo (emétrope, miope y tallado).
- Salvar y recuperar del disco los casos que se estudien, conteniendo los ficheros los parámetros que se han establecido y los resultados que se han obtenido del análisis. También deberá desarrollarse un visor que visualice de forma tabular y ordenada los casos analizados y registrados en el sistema.

### Propuesta de interfaz de Usuario (GUI)

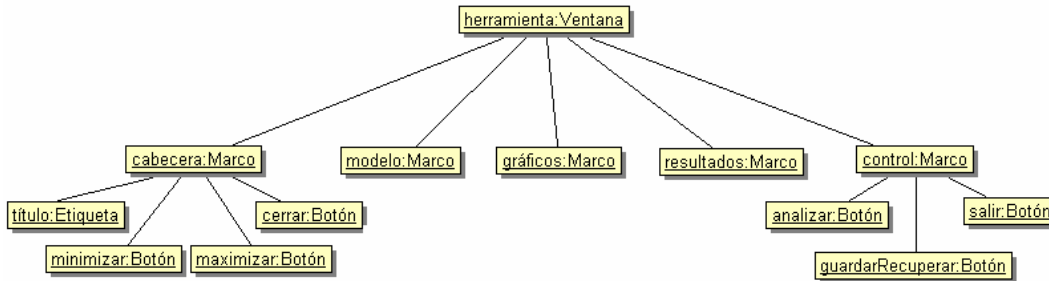
Los elementos que ve y maneja el operador de la aplicación son los que se muestran en la interfaz que ofrece la aplicación. En las siguientes figuras se propone una posible configuración de dicha interfaz.



## Diagramas de contexto

### Diagrama Herramienta:

Diagrama de contexto global, que muestra los elementos de primer nivel de la interfaz.



**herramienta: Ventana** => Ventana desde la que se maneja toda la aplicación.

**cabecera: Marco** => Barra superior de la ventana.

**título: Etiqueta** => Título de la aplicación que aparece en la cabecera de la ventana. “EVOCO: Evaluación de la visión en ojos con córnea operada”.

**minimizar: Botón** => Botón para minimizar la ventana situado en su cabecera.

**maximizar: Botón** => Botón para maximizar la ventana situado en su cabecera.

**cerrar: Botón** => Botón para cerrar la ventana (y la aplicación) situado en su cabecera.

**modelo:Marco** => Compartimento donde se introducen y se muestran todos los datos del modelo del ojo emétrope y miope, y de la intervención quirúrgica.

**gráficos: Marco** => Compartimento donde se muestran los diagramas de trazado de rayos y de las manchas generadas en la retina por el impacto de dichos rayos para los diferentes tipos de ojos considerados: emétrope, miope y corregido.

**resultados: Marco** => Compartimento donde se muestran los resultados del análisis en función de diferentes porcentajes de intensidad de luz.

**control: Marco** => Compartimento con los botones de control de la aplicación.

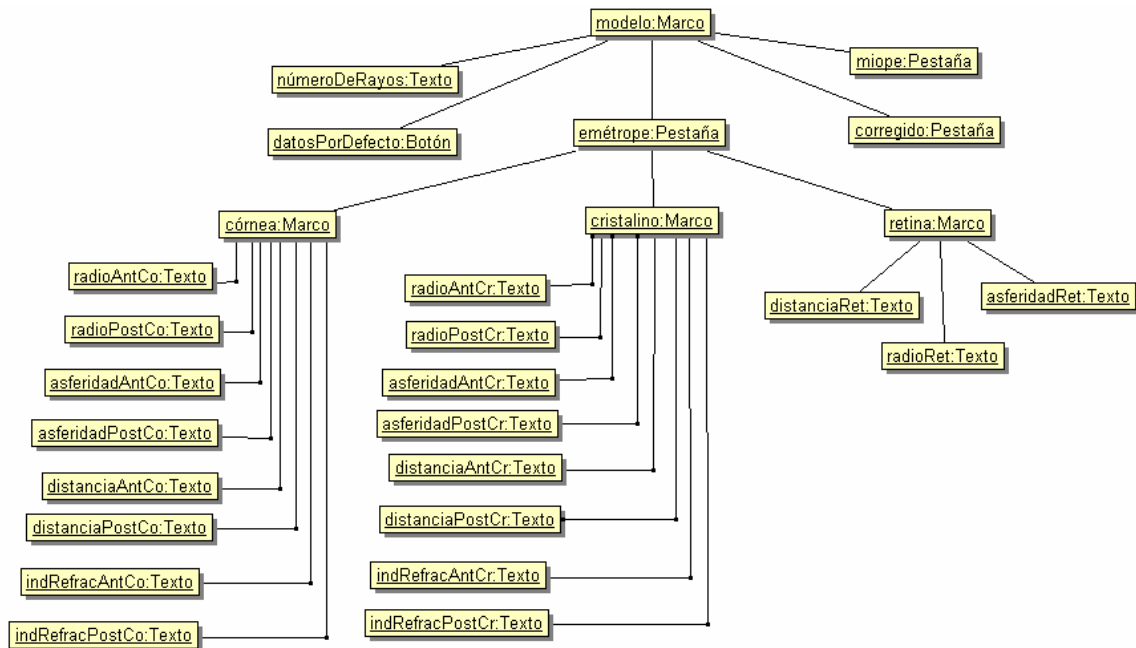
**analizar: Botón** => Botón que lanza el proceso de análisis, que consiste en calcular los trayectos de los rayos, dibujar los correspondientes gráficos y calcular los valores de los resultados.

**guardarRecuperar: Botón** => Botón que despliega una ventana para guardar los datos del análisis o cargar datos previamente almacenados.

**salir: Botón** => Botón para salir de la aplicación.



**Diagrama Modelo:** Diagrama que muestra los principales elementos que forman la zona de modelo.



**númeroDeRayos: Texto** => Cuadro de texto en el que se escribe el número de rayos que se quiere considerar en el análisis.

Valor mínimo: 100 rayos.

Valor máximo: 500 rayos.

Valor por defecto: 256 rayos.

**datosPorDefecto: Botón** => Botón que retorna todos los valores del modelo de ojo y de la intervención quirúrgica a los valores por defecto.

Nota: todos los datos se muestran en milímetros (mm).

a) Valores por defecto del OJO EMÉTROPE:

a.1) CÓRNEA:

a.1.1) Radio:	Anterior = 7.8	Posterior = 6.5
a.1.2) Asferidad:	Anterior = -0.25	Posterior = -0.25
a.1.3) Distancia	Anterior = 0.0	Posterior = 0.56
a.1.4) Índice de refracción	Anterior = 1.3771	Posterior = 1.3374

a.2) CRISTALINO:

a.2.1) Radio:	Anterior = 10.2	Posterior = -6.0
a.2.2) Asferidad:	Anterior = -3.06	Posterior = -1.0
a.2.3) Distancia	Anterior = 3.6	Posterior = 7.6
a.2.4) Índice de refracción	Anterior = 1.420	Posterior = 1.3360

a.3) RETINA:

a.3.1) Radio =	-14.1
a.3.2) Asferidad =	1.346
a.3.3) Distancia =	24.2

- b) Valores por defecto del OJO MIOPE:
- b.1) Dioptrías = -3.5
  - b.2) Distancia focal = 6.37
- c) Valores por defecto del OJO CORREGIDO:
- c.1) Zona óptica = 6.0
  - c.2) Zona quirúrgica = 7.5
  - c.3) Zona transición = 1.5
  - c.4) Radio resultante = 9.1
  - c.5) Desplazamiento = 0.1

d) PERFIL TALLADO por defecto: ABRUPTO.

**miope: Pestaña** => Pestaña que contiene los datos necesarios para caracterizar el ojo miope.

**corregido: Pestaña** => Pestaña que contiene los datos necesarios para caracterizar el ojo operado.

**emétrope: Pestaña** => Pestaña donde se definen los parámetros el modelo de un ojo emétrope

**córnea: Marco** => Zona de la pestaña emétrope donde se encuentran los datos referente a la córnea

**radioAntCo: Texto** => Radio de curvatura de la parte anterior de la Córnea en mm.

- a) Valor por defecto: 7.8 mm
- b) Valor mínimo: 8.5 mm
- c) Valor máximo: 7.1 mm

**radioPostCo: Texto** => Radio de curvatura de la parte posterior de la Córnea en mm

- a) Valor por defecto: 6.5 mm
- b) Valor mínimo: 5.9 mm
- c) Valor máximo: 7.1 mm

**asferidadAntCo: Texto** => Asferidad de la parte anterior de la Córnea

- a) Valor por defecto: -0.25 mm
- b) Valor mínimo: -0.2 mm
- c) Valor máximo: -0.3 mm

**asferidadPostCo: Texto** => Asferidad de la parte posterior de la Córnea

- a) Valor por defecto: -0.25 mm
- b) Valor mínimo: -0.20 mm
- c) Valor máximo: -0.30 mm

**distanciaAntCo: Texto** => Distancia de la parte anterior de la Córnea respecto del origen del eje óptico. Como el origen se considera en la parte anterior de la córnea, su valor es siempre 0.

**distanciaPostCo: Texto** => Distancia a la parte posterior de la Córnea respecto del origen del eje óptico

- a) Valor por defecto: 0.55 mm
- b) Valor mínimo: 0.5 mm
- c) Valor máximo: 0.6 mm

**indRefracAntCo: Texto** => Índice de refracción del interior de la córnea

- a) Valor por defecto: 1.3771 mm
- b) Valor mínimo: 1.3769 mm

c) Valor máximo: 1.3773 mm

**indRefracPostCo: Texto** => Índice de refracción de la parte situada entre la córnea y el cristalino, (humor acuoso)

a) Valor por defecto: 1.3374 mm

b) Valor mínimo: 1.3372 mm

c) Valor máximo: 1.3376 mm

**cristalino: Marco** => Zona de la pestaña emétrepe donde se muestran e introducen los datos referidos al cristalino

**radioAntCr: Texto** => Radio de curvatura de la parte anterior del cristalino en mm

a) Valor por defecto: 10.2 mm

b) Valor mínimo: 9.2 mm

c) Valor máximo: 11.2 mm

**radioPostCr: Texto** => Radio de curvatura de la parte posterior del cristalino en mm

a) Valor por defecto: -6.0 mm

b) Valor mínimo: -6.5 mm

c) Valor máximo: -5.5 mm

**asferidadAntCr: Texto** => Asferidad de la parte anterior del cristalino

a) Valor por defecto: -3.06 mm

b) Valor mínimo: -3.3 mm

c) Valor máximo: -2.98 mm

**asferidadPostCr: Texto** => Asferidad de la parte posterior del cristalino

a) Valor por defecto: -1.0 mm

b) Valor mínimo: -0.9 mm

c) Valor máximo: -1.1 mm

**distanciaAntCr: Texto** => Distancia de la parte anterior del cristalino respecto del origen del eje óptico

a) Valor por defecto: 3.6 mm

b) Valor mínimo: 3.3 mm

c) Valor máximo: 3.9 mm

**distanciaPostCr: Texto** => Distancia a la parte posterior del cristalino respecto del origen del eje óptico

a) Valor por defecto: 7.6 mm

b) Valor mínimo: 6.9 mm

c) Valor máximo: 8.3 mm

**indRefracAntCr: Texto** => Índice de refracción del interior del cristalino

a) Valor por defecto: 1.420 mm

b) Valor mínimo: 1.418 mm

c) Valor máximo: 1.422 mm

**indRefracPostCr: Texto** => Índice de refracción del espacio entre el cristalino y la retina (humor vítreo)

a) Valor por defecto: 1.3360 mm

b) Valor mínimo: 1.3358 mm

c) Valor máximo: 1.3362 mm

**retina: Marco** => Zona de la pestaña emétrepe donde encontramos los datos referidos a la Retina

**distanciaRet : Etiqueta** => Distancia de la posición de la retina respecto del origen del eje óptico. Valor por defecto: 24.2 mm. Se evalúa en función del resto de datos del modelo.

**asferidadRet : Texto** => Asferidad de la Retina

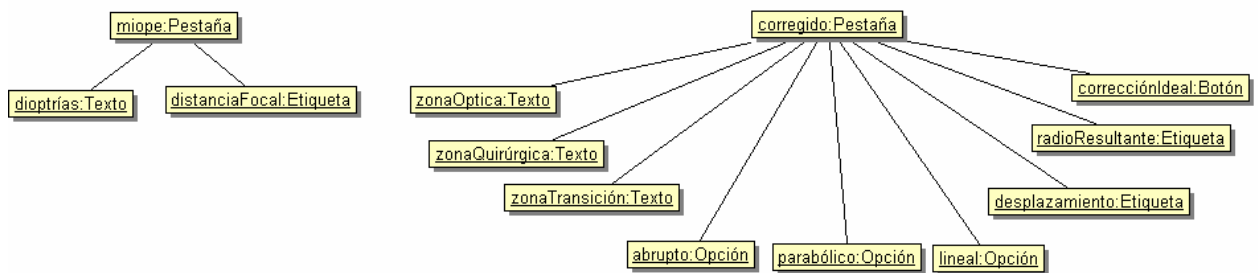
- a) Valor por defecto: 1.346 mm
- b) Valor mínimo: 1.2 mm
- c) Valor máximo: 1.4 mm

**radioRet : Texto** => Radio de curvatura de la retina en mm

- a) Valor por defecto: -14.1 mm
- b) Valor mínimo: -15.5 mm
- c) Valor máximo: -13.5 mm

### Diagrama Miope y Corregido:

Diagrama que muestra los elementos utilizados para describir el modelo de ojo miope y corregido después de la operación.



**dioptrías: Texto** => Número de dioptrías del ojo miope.

- a) Valor por defecto: -3.5
- b) Valor mínimo: 0.0
- c) Valor máximo: -15

**distanciaFocal: Etiqueta** => Muestra la distancia focal del ojo miope en mm. Se evalúa en función de las características del ojo emétrope y del número de dioptrías del caso miope.

**zonaOptica: Texto** => Diámetro de la zona óptica tallada en la córnea.

- a) Valor por defecto: 6.0 mm
- b) Valor mínimo: 5.5 mm
- c) Valor máximo: 6.5 mm

**zonaQuirúrgica: Texto** => Diámetro de la zona quirúrgica. Incluye la zona óptica y la zona de transición

- a) Valor por defecto: 7.5 mm
- b) Valor mínimo: 6.8 mm
- c) Valor máximo: 8.2 mm

**zonaTransición: Etiqueta** => Diámetro de la zona de transición (diferencia entre la zona óptica y la zona quirúrgica). Valor por defecto: 1.5 mm

**abrupto: Opción** => Opción que permite elegir una modelo abrupto para la zona de transición.

**parabólico: Opción** => Opción que permite elegir una modelo parabólico para la zona de transición.

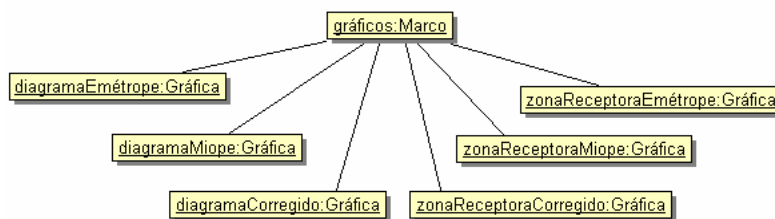
**lineal: Opción** => Opción que permite elegir una modelo lineal para la zona de transición.

**correcciónIdeal: Botón** => Botón que calcula el radio post-quirúrgico del parte anterior de la córnea en base a los datos introducidos.

**radioResultante: Etiqueta** => Radio central postquirúrgico de la parte anterior de la córnea en mm. Se calcula en función de los datos del modelo.

**desplazamiento: Etiqueta** => Espesor de cornea eliminado tras la operación. Depende de la cirugía empleada, en nuestro caso: 0.1 mm

### Diagrama Gráficos:



**diagramaEmétrope: Gráfica** => Diagrama que representa el tránsito de los rayos de luz hasta la retina en el ojo emétrope considerado en el modelo.

El diagrama tendrá forma rectangular. Se representarán únicamente los rayos que atraviesan la parte superior del eje óptico, considerando que la parte inferior es simétrica respecto a él. Se dibujará el eje de coordenadas horizontal empleado en los cálculos para servir de referencia visual. Respecto dicho eje de coordenadas empleado en los cálculos matemáticos de las trayectorias de los rayos de luz, cuyo origen estará en la cara anterior de la córnea, se representará:

- Eje horizontal: desde un poco antes del origen, para incluir una zona común a todos los rayos antes de impactar en la cornea, y hasta un poco después de la posición en la que la retina corta el eje óptico (valor del campo distanciaRet), para favorecer la claridad del esquema.
- Eje vertical: se deben poder representar rayos que proviniendo de la parte superior incidan por debajo del eje óptico en la retina. El límite superior corresponderá a un valor ligeramente superior al máximo entre la zona quirúrgica y el límite superior de los rayos que atraviesan el iris con la máxima abertura (diámetro pupilar de 8 milímetros).

Se dibujarán junto a los rayos todos los elementos del modelo del ojo: las superficies anterior y posterior de la córnea, una representación del iris, las superficies anterior y posterior del cristalino y la superficie de la retina, siempre dentro del área estipulada previamente.

El color de los rayos de luz dependerá del mínimo diámetro pupilar que atraviesan:

1. Azul claro: el rayo de luz atraviesa el diámetro pupilar mínimo (2 milímetros).
2. Azul intermedio: el rayo de luz atraviesa un diámetro pupilar de 5 milímetros pero no de 2 milímetros.
3. Azul oscuro: el rayo de luz solo atraviesa el iris si el diámetro pupilar es 8 milímetros.

4. Gris claro: el rayo luminoso no atraviesa el iris en ninguna de las aberturas consideradas.

**diagramaMiope: Gráfica** => Diagrama que representa el tránsito de los rayos de luz hasta la retina en el ojo miope considerado en el modelo. Tendrá la misma forma y tamaño que el diagrama del ojo emétrope.

**diagramaCorregido: Gráfica** => Diagrama que representa el tránsito de los rayos de luz hasta la retina en el ojo miope considerado en el modelo. Tendrá la misma forma y tamaño que el diagrama del ojo emétrope.

**zonaReceptoraEmétrope: Gráfica** => Representación de la zona de la retina en la que impactan los diferentes rayos en el ojo emétrope considerado en el modelo.

La retina será modelada teóricamente como un plano perpendicular al eje óptico situado en la posición fijada para ésta.

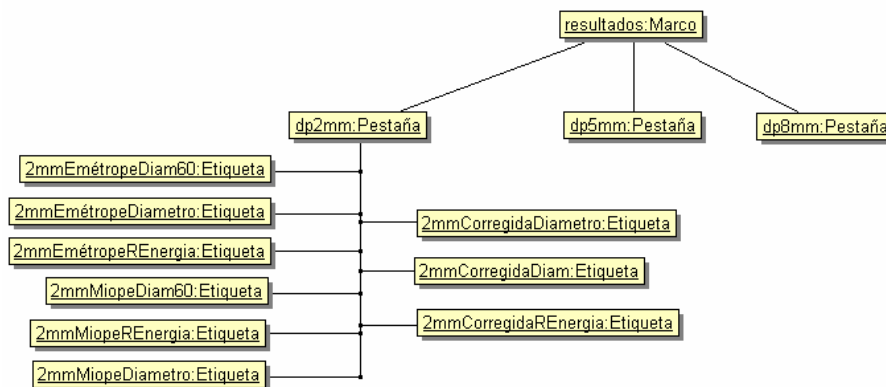
La gráfica tendrá forma cuadrada. Se representará el eje óptico centrado en la zona dibujable. Se representará un círculo, con un trazo fino pero visible, por cada rayo que impacte en la retina. Su radio será la distancia desde la intersección del eje óptico y la retina al punto de impacto del rayo de luz en la retina.

Los colores de los rayos serán los mismos que los empleados en los diagramas de trayectorias de los rayos.

**zonaReceptoraMiope: Gráfica** => Representación de la zona de la retina en la que impactan los diferentes rayos en el ojo miope considerado en el modelo. Su diseño será similar al diagrama de la zona receptora en un ojo emétrope

**zonaReceptoraCorregido: Gráfica** => Representación de la zona de la retina en la que impactan los diferentes rayos en el ojo miope considerado en el modelo. Su diseño será similar al diagrama de la zona receptora en un ojo emétrope

### Diagrama Resultados:



**dp2mm: Pestaña** => Pestaña que muestra los resultados para el caso de un diámetro pupilar de 2mm, visión de alta intensidad

**2mmEmétrópeDiam60: Etiqueta** => Diámetro en mm de la mancha de impactos constituida por el 60% de los rayos que impactan más cerca del eje óptico.

**2mmEmétrópeDiametro: Etiqueta** => Diámetro en mm de la mancha de impactos en la retina.

**2mmEmétrópeREnergia: Etiqueta** => Razón de energía que representa la relación entre la intensidad luminosa que incide en la foveola para un ojo amétrope y un ojo

emétrope. Se evaluará como la razón entre el número de rayos que inciden en la retina a una distancia menor de 100 micrómetros del eje óptico y el número de rayos que en el caso emétrope inciden a una distancia menor de 100 micrómetros del eje óptico. En este caso (emétrope) vale siempre 100.

**2mmMiopeDiam60: Etiqueta** => Diámetro de la mancha de impactos constituida por el 60% de los rayos que impactan mas cerca del eje óptico. Evalúa la desviación respecto del caso emétrope ideal

**2mmMiopeREnergia: Etiqueta** => Razón de energía que representa la relación entre la intensidad luminosa que incide en la foveola para un ojo amétrope y un ojo emetrope. Se evaluará como la razón entre el número de rayos que inciden en la retina a una distancia menor de 100 micrómetros del eje óptico y el número de rayos que en el caso emétrope inciden a una distancia menor de 100 micrómetros del eje óptico

**2mmMiopeDiametro: Etiqueta** => Diámetro en mm de la mancha de impactos en la retina. Evalúa la desviación respecto del caso emétrope ideal

**2mmCorregidaDiametro: Etiqueta** => diámetro en mm de la mancha de impactos en la retina en el caso corregido. Evalúa la desviación respecto del caso emétrope ideal.

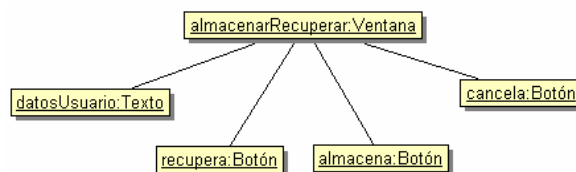
**2mmCorregidaDiam60: Etiqueta** => Diámetro de la mancha de impactos constituida por el 60% de los rayos que impactan mas cerca del eje óptico en el caso corregido. Evalúa la desviación respecto del caso emétrope ideal

**2mmCorregidaREnergia: Etiqueta** => Razón de energía que representa la relación entre la intensidad luminosa que incide en la foveola para el ojo corregido y un ojo emetrope. Se evaluará como la razón entre el número de rayos que inciden en la retina a una distancia menor de 100 micrómetros del eje óptico y el número de rayos que en el caso emétrope inciden a una distancia menor de 100 micrómetros del eje óptico.

**dp5mm: Pestaña** => Pestaña que muestra los resultados para el caso de un diámetro pupilar de 5mm, visión normal. Su estructura es igual que la de la pestaña dp2mm.

**dp8mm: Pestaña** => Pestaña que muestra los resultados para el caso de un diámetro pupilar de 8mm, visión nocturna. Su estructura es igual que la de la pestaña dp2mm.

#### Diagrama Almacenar/Recuperar:



**almacenarRecuperar: Ventana** => Ventana que permite salvar los resultados del análisis en un fichero de datos, o recuperar datos almacenados previamente en un fichero.

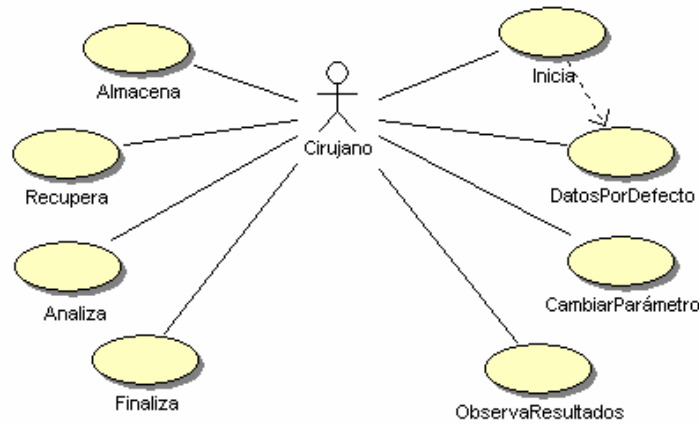
**datosUsuario: Texto** => Nombre del fichero donde el usuario almacena o de donde recupera los datos del modelo y del análisis.

**recupera: Botón** => Botón para recuperar los datos almacenados previamente, que son mostrados por pantalla.

**almacena: Botón** => Botón para salvar los datos obtenidos en un fichero

**cancela: Botón** => Botón para cancelar la acción de salvar o recuperar. Hace desaparecer la ventana.

**Diagramas de casos de uso**



**Agentes:**

- Agente **Cirujano**: Cirujano que hace uso de la aplicación como paso previo a la realización de la operación quirúrgica.

**Casos de uso:**

- Caso de uso: **Inicia**  
 Descripción: Lanzamiento de la aplicación, que muestra la interfaz de la aplicación con los parámetros por defecto.  
 Agente que lo invoca: Cirujano  
 Invocación: El cirujano pulsa el ejecutable o acceso directo correspondiente a la aplicación  
 Pre-condiciones: Ninguna  
 Secuencia de actividades:  
 1. Se abre la aplicación mostrando la interfaz de usuario  
 2. Se muestran los parámetros por defecto invocando el caso de uso DatosPorDefecto  
 Secuencias de error: Ninguna  
 Post-condiciones: La interfaz se muestra en la pantalla con los datos por defecto
- Caso de uso: **DatosPorDefecto**  
 Descripción: Da valores por defecto a cada parámetro del modelo  
 Agente que lo invoca: Cirujano  
 Invocación: Pulsando el botón datosPorDefecto o invocado desde el caso de uso Inicia  
 Pre-condiciones: Que se haya iniciado la aplicación.  
 Secuencia de actividades:  
 1. Muestra los valores por defecto de los parámetros modificables del modelo.  
 2. Calcula los valores de la posición de la retina en el caso emétrope, la distancia focal en el caso miope, y el radio de la córnea externa resultante después de la operación.  
 3. Muestra los valores calculados en distancia, distanciaFocal y radioResultante.



Secuencias de error: Ninguno

Post-condiciones: Los valores por defecto se muestran en todos los campos del modelo

▪ Caso de uso: **CambiarParámetro**

Descripción: El médico introduce un nuevo valor para uno de los parámetros del modelo

Agente que lo invoca: Cirujano

Pre-condiciones: Que se haya iniciado la aplicación

Secuencia de actividades:

1. Selecciona una de las pestañas (emétrope, miope o corregido)
2. Introduce un nuevo valor
3. Calcula los valores de la posición de la retina en el caso emétrope, la distancia focal en el caso miope, y el radio de la córnea externa resultante después de la operación en caso que influyan en ellos.
4. Muestra los valores calculados para distanciaFocal, distancia y radioResultante

Secuencias de error: Ninguna

Post-condiciones: Los datos correspondientes son modificados

▪ Caso de uso: **ObservaResultados**

Funcionalidad: Se observan los resultados obtenidos del análisis en cada pestaña

Actores: Cirujano

Precondiciones: Se ha realizado el análisis de los datos

Secuencia de actividades:

1. Se observan los datos para el caso de visión de alta intensidad en la pestaña dp2mm
2. El medico pulsa la pestaña dp5mm y observa los resultados para el caso de visión normal
3. El medico pulsa la pestaña dp8mm y observa los resultados para el caso de visión nocturna

Postcondiciones: ninguna

▪ Caso de uso: **Analiza**

Funcionalidad: Realiza el análisis de los datos introducidos por el cirujano y muestra los resultados obtenidos

Actores: Cirujano

Invocación: Se pulsa el botón Analiza

Precondiciones: El cirujano ha introducido correctamente toda la información necesaria sobre el ojo emétrope, miope y corregido.

Secuencia de actividades:

1. Se obtienen los valores para cada parámetro del modelo.
2. Para cada tipo de ojo (emétrope, miope, corregido)
  - 2.a Para cada rayo
    - 2.a.1 Calcula trayectoria del rayo
    - 2.a.2 Representa la trayectoria del rayo
    - 2.a.3 Representa el punto donde llega el rayo en la retina (mancha de impactos)

- 2.b Para cada diámetro pupilar (según la intensidad de la luz)
  - 2.b.1 Calcula e inserta el diámetro de la mancha de impactos sobre la retina
  - 2.b.2 Calcula e inserta el diámetro de la mancha de impactos constituida por el 60% de los rayos que impactan mas cercanos al eje óptico
  - 3.b.3 Calcula e inserta el valor de la razón de energía

Postcondiciones: ninguna

▪ Caso de uso: **Almacena**

Funcionalidad: Almacenar los datos obtenidos del análisis en un archivo con el nombre que elija el usuario

Agente que lo invoca: Cirujano

Invocación: Pulsar el botón Almacena

Pre-condiciones: Todos los campos deben de estar completos y han de ser lógicos. El programa no puede estar realizando ninguna operación que esté cambiando el valor de los campos

Secuencia de actividades:

1. El sistema muestra una ventana con un nombre de fichero por defecto: "Evoco\_res" seguido de la fecha y hora y de extensión .xml
2. El usuario introduce un nombre para el archivo o deja el nombre asignado por defecto
3. El usuario pulsa el botón Almacena
4. El sistema almacena el archivo en el directorio c:/EVOCO
- 5- La ventana almacenarRecuperar desaparece

Secuencias alternativas:

- En cualquier momento el usuario puede pulsar el botón Cancela antes que el botón Almacena y la ventana se cierra sin almacenar el archivo

Post-condiciones: ninguna

▪ Caso de uso: **Recupera**

Funcionalidad: Recupera los datos sobre un análisis almacenados previamente en un archivo

Agente que lo invoca: Cirujano

Invocación: Pulsando el botón guardarRecuperar

Pre-condiciones: el programa no puede estar realizando ninguna operación que esté cambiando el valor de los campos

Secuencia de actividades:

1. El sistema muestra la ventana con el nombre del último fichero almacenado
2. El usuario introduce el nombre del archivo que quiere recuperar
3. El usuario pulsa el botón Recupera.
4. El sistema recupera el archivo y muestra los datos en pantalla
5. La ventana almacenarRecuperar desaparece

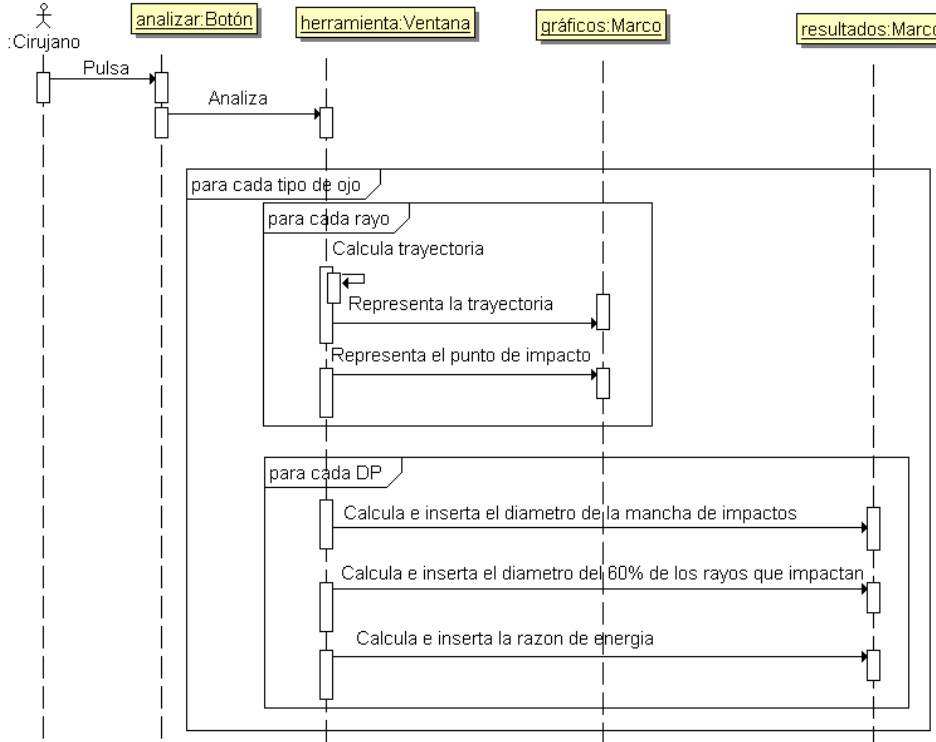
Secuencias alternativas:

- En cualquier momento el usuario puede pulsar el botón Cancela antes que el botón Recupera y la ventana se cierra sin recuperar ningún archivo
- En el paso 2 si el nombre de archivo es incorrecto, el sistema avisa al usuario para que corrija esta información

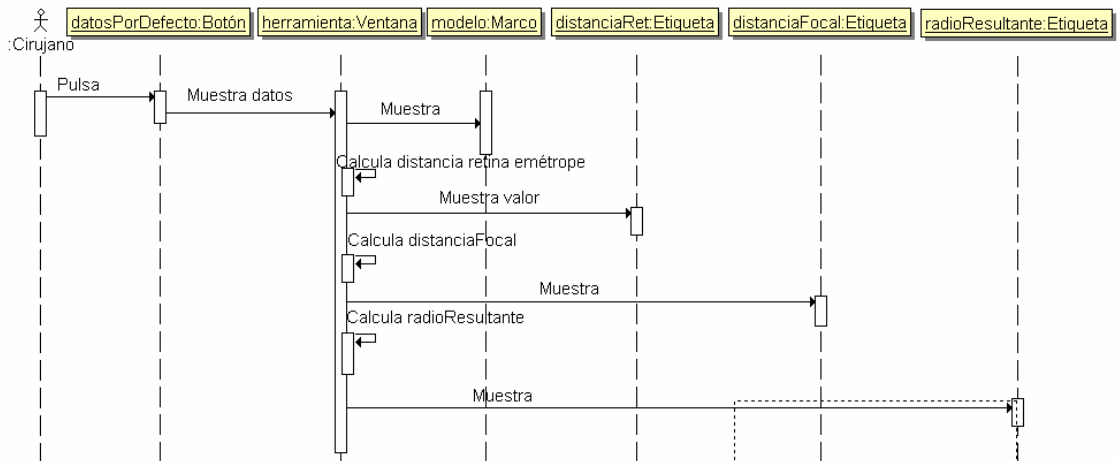
- En el paso 3 si el usuario no ha almacenado los datos actuales, el sistema le avisa si quiere almacenar éstos antes de recuperar el archivo seleccionado  
Post-condiciones: la ventana muestra los datos almacenados del archivo seleccionado.
  
- Caso de uso: **Finaliza**  
Descripción: Se finalizar la aplicación  
Agente que lo invoca: Cirujano  
Pre-condiciones: Que se inicie la aplicación.  
Secuencia de actividades:
  1. Invoca al caso de uso Almacena
  2. Cuando Almacena termina, se cierra la aplicaciónSecuencias de error: Ninguna  
Post-condiciones: Ninguna.

## Diagramas de secuencia

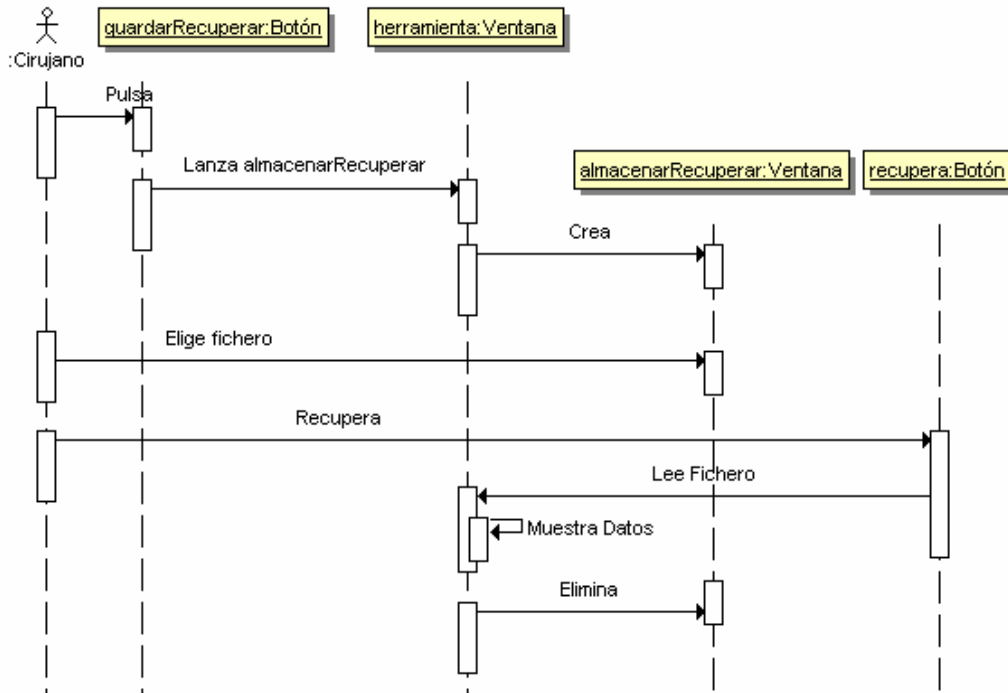
**DiagramaSecuencia Analiza:** Diagrama que detalla el caso de uso Analiza



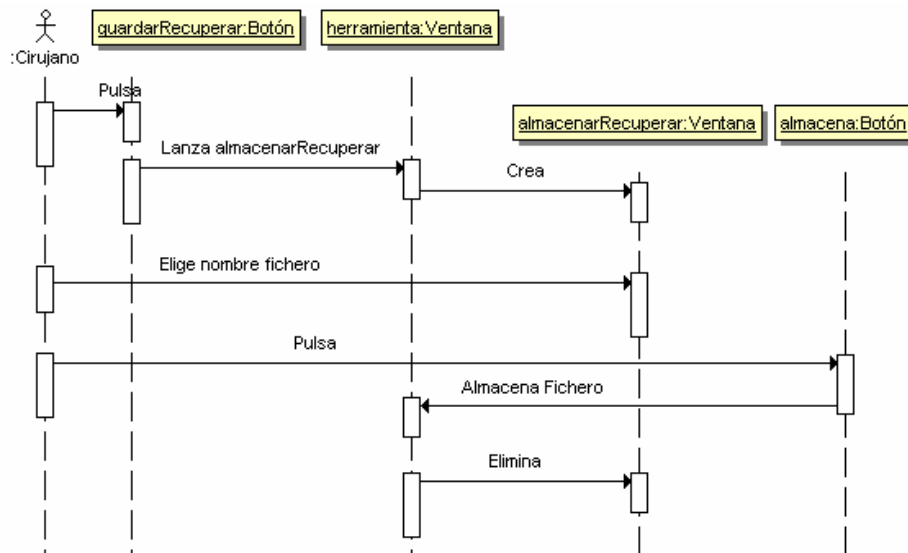
**DiagramaSecuencia DatosPorDefecto:** Diagrama que detalla el caso de uso Datos porDefecto



**Diagrama Recupera:** Diagrama que detalla el caso de usa Recupera



**Diagrama Almacena:** Diagrama que detalla el caso de uso Almacena



### Formato del fichero de almacenamiento y recuperación de datos.

La información con los datos y resultados de un caso analizado se guarda en el directorio "c:\Evoco" con nombres por defecto del tipo "Evoco\_res\_AA-MM-DD-HH-MM-SS.xml". Donde AA = año, MM = mes, DD = día, HH = hora, MM = minutos y SS =segundos.

Su estructura es un fichero XML, con la siguiente estructura:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<evocoFile nombre="Evoco_Res_00" fecha="10/03/09">
  <modelo numeroDeRayos="256">
    <emetrope>
      <cornea>
        <caraAnterior radio="7.8" asferidad="-0.25" distancia="0.0" indRefrac="1.3771" />
        <caraPosterior radio="6.5" asferidad="-0.25" distancia="0.55" indRefrac="1.3774" />
      </cornea>
      <crystalino>
        <caraAnterior radio="10.2" asferidad="-3.06" distancia="3.6" indRefrac="1.420" />
        <caraPosterior radio="-6.0" asferidad="-1.0" distancia="7.6" indRefrac="1.3360" />
      </crystalino>
      <retina radio="-14.01" asferidad="1.346" distancia="24.2" />
    </emetrope>
    <miope dioptrias="-3.5" distanciaFocal="6.37" />
    <corregido zonaOptica="6.0" zonaQuirurgica="7.5" zonaTransicion="1.5" radioResultante="9.1"
      desplazamiento="0.1" perfilTallado="abrupto"/>
  </modelo>
  <resultados>
    <dp2mm>
      <emetrope diametro="0.10" diam60="0.091" rEnergia="95.0" />
      <miope diametro="0.37" diam60="0.31" rEnergia="62.7" />
      <corregida diametro="0.36" diam60="0.14" rEnergia="93.0" />
    </dp2mm>
    <dp5mm>
      <emetrope diametro="0.10" diam60="0.091" rEnergia="95.0" />
      <miope diametro="0.37" diam60="0.31" rEnergia="62.7" />
      <corregida diametro="0.36" diam60="0.14" rEnergia="93.0" />
    </dp5mm>
    <dp8mm>
      <emetrope diametro="0.10" diam60="0.091" rEnergia="95.0" />
      <miope diametro="0.37" diam60="0.31" rEnergia="62.7" />
      <corregida diametro="0.36" diam60="0.14" rEnergia="93.0" />
    </dp8mm>
  </resultados>
</evocoFile>
```