

CURSO DE POSTGRADO SOBRE  
“TEORÍA DE ABERRACIONES Y ELEMENTOS DE DISEÑO ÓPTICO”

**DOCENTES:** Prof. Dr. MARIO GARAVAGLIA  
Prof. Dr. MARIANO CREUS

**FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO**

En la actualidad, exceptuando los cursos optativos, en las carreras de ciencias e ingenierías la óptica es enseñada y aprendida en una mínima parte de sus incumbencias. Los contenidos de las materias de formación general reducen los contenidos de óptica a las leyes básicas, a la descripción de las piezas ópticas esenciales dentro del esquema de la óptica paraxial y Gaussiana (láminas, prismas y lentes delgadas), de los sistemas ópticos convencionales (lupas, microscopios y telescopios), de las aberraciones simples (esférica, coma, astigmatismo, curvatura de campo, distorsión y cromatismos), y los elementos básicos de la polarización, de la interferencia y de la difracción de la luz, el color y los aspectos energéticos de la luz. Así, quedan fuera de la atención los contenidos relativos al conocimiento de los materiales ópticos (apropiados para el visible, el ultravioleta y el infrarrojo), de la teoría de la formación de imágenes, de la teoría de aberraciones de orden superior, de la importancia de la difracción y de la interferencia en el análisis de las aberraciones y de las herramientas de diseño óptico que son en definitiva las utilizadas en amplios campos de las ciencias y de las tecnologías. Los instrumentos ópticos modernos han sido estudiados, diseñados y desarrollados en este marco teórico y han permitido grandes avances en el conocimiento científico y tecnológico. El objetivo general del curso es brindar a los cursantes los elementos básicos de la teoría de formación de imágenes, la teoría de aberraciones y las herramientas del diseño óptico computacional, y así permitirles evaluar diseños de experimentos, de componentes y de instrumentos; comparar y mejorar diseños actuales, así como también diseñar nuevos sistemas, según las propuestas de los docentes o los requerimientos que presenten los cursantes.

**TÍTULOS**

Introducción histórica.  
Repaso de la Óptica Geométrica Paraxial y Gaussiana.  
Teoría Geométrica de las Imágenes.  
Instrumentos formadores de Imágenes.  
Introducción a la Teoría de las Aberraciones de von Seidel o de bajos órdenes.  
Teoría de las Aberraciones de órdenes superiores. Teoría Difractiva de las Aberraciones y los Polinomios de Zernike.

**DESCRIPCIÓN TEÓRICA**

**Repaso de la Óptica Geométrica Paraxial y Gaussiana.**

Introducción histórica: Desde la Óptica Mecánica (1600) hasta la Óptica Electromagnética (1865) y su desarrollo hasta 1950.  
Aproximación de longitudes de onda muy cortas ( $\lambda \rightarrow 0$ ).  
Rayos de luz y la ley de intensidad en óptica geométrica.  
Generalización y límites de validez de la óptica geométrica.  
Propiedades generales de los rayos.  
Leyes de reflexión y refracción.  
El Invariante de Lagrange-Helmholtz.  
El Principio de Fermat.  
El Teorema de Malus y Dupin.  
Superficies de revolución reflectivas y refractivas.

Lentes Delgadas y Gruesas.

Sistemas de Lentes Centrados Generales.

Las condiciones de anulación de las aberraciones simples: de Euler-Descartes, de Abbe, de Herschel, de Lagrange-Airy y de Petzval.

Aberraciones Cromáticas.

Dispersión por un Prisma.

Pupilas limitadoras.

Trazado de Rayos. Rayos Paraxiales. Rayos Principales.

Planos Principales.

### **Teoría Geométrica de las Imágenes.**

Función Característica de Hamilton.

La Función de Posición y la Función Angular.

Imagen Perfecta.

### **Instrumentos formadores de Imágenes.**

El ojo humano.

La cámara fotográfica.

Los telescopios reflectores y refractores.

El microscopio.

### **Introducción a la Teoría de las Aberraciones de von Seidel o de bajos órdenes.**

Aberraciones de rayos y Aberraciones de Ondas. Función de Aberración.

Aberraciones primarias de Seidel.

Aberraciones primarias en lentes delgadas.

Aberraciones Cromáticas en un sistema general de lentes centrado.

### **Teoría de las Aberraciones de órdenes superiores. Teoría Difractiva de las Aberraciones y los Polinomios de Zernike.**

La integral de Difracción.

La integral de Difracción en presencia de Aberración.

Expansión de la función de Aberración.

Los polinomios de Zernike.

Criterios de Tolerancia de para Aberraciones Primarias.

Patrones de Difracción asociados a Aberraciones Primarias Individuales.

### **TÍTULOS: PROCESAMIENTO CON ZEMAX**

Convenciones y Superficies Asféricas.

Óptica Paraxial.

Aperturas limitantes y Pupilas.

Vidrios y Lentes de Campo.

Aberraciones en general.

Función de Mérito.

Color Axial y Acromáticos.

MTF: Calidad de Imagen.

### **PROCESAMIENTO CON ZEMAX**

**Convenciones y Superficies Asféricas.**

Convenciones de signos.

Factor de Forma.  
Superficie Asférica.  
Apartamiento de la esfericidad.

### **Óptica Paraxial.**

Ecuaciones de trazado de rayos paraxiales.  
Fórmula de lentes Gaussianas.  
Determinación del Poder de la Lente.  
Otras determinaciones importantes de Expresiones de Poder:  
    Superficie única reflectante.  
    Sistema de dos elementos.  
    Lente delgada.  
Localización de Planos Principales en un Sistema de Dos Elementos.  
Magnificación.

### **Aperturas limitantes y Pupilas.**

Aperturas limitantes (Stops).  
Pupilas.  
Rayos Marginal y Principal.  
Localizando Pupilas de Entrada y Salida usando Óptica Paraxial.  
Tamaño de Pupila y número F.  
El Invariante de Lagrange-Helmholtz

### **Vidrios y Lentes de Campo.**

Propiedades de los Vidrios.  
Índice de refracción.  
Dispersión.  
Cómo cuantificar las Propiedades Dispersivas de un Vidrio.  
Dispersión Parcial.  
Consideraciones Prácticas.

### **Aberraciones en general.**

Gráficos de Diagnóstico.  
Descripción de aberraciones a través de Rayos:  
    Planos Focales.  
    Aberración Esférica.  
    Coma.  
    Astigmatismo.  
    Curvatura de Campo.  
    Aberraciones del Frente de Onda.  
    Descripción del Frente de Onda.  
    Interacción de Frentes de Onda con Sistemas Ópticos.  
    Frentes de Onda y Difracción.  
Conexión entre Plano Imagen y Pupila de Salida.  
Condición de Abbe.

### **Función de Mérito.**

La Función de Mérito.  
Tamaño del spot: RMS.

Tamaño del spot: Gráficos.

### **Color Axial y Acromáticos.**

Color Axial Primario.

Aberraciones Cromáticas del Frente de Onda.

Acromáticos.

Limitaciones.

Potencias.

### **MTF: Calidad de Imagen.**

Función de Transferencia de Modulación (MTF).

Convolución y Transformada de Fourier.

Función de Transferencia Óptica.

MTF en Zemax.

MTF y simetría.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Principles of Optics

7<sup>th</sup> (expanded) edition

Max Born and Emil Wolf

Cambridge University Press, Cambridge, 2010.

The Eye and Visual Optics Instruments

George Smith and David A. Atchison

Cambridge University Press, Cambridge, 2008.

Optical System Design

2<sup>nd</sup> edition

Robert E. Fisher, Biljana Tadic-Galeb and Paul R. Yoder, Jr.

The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, 2008.