

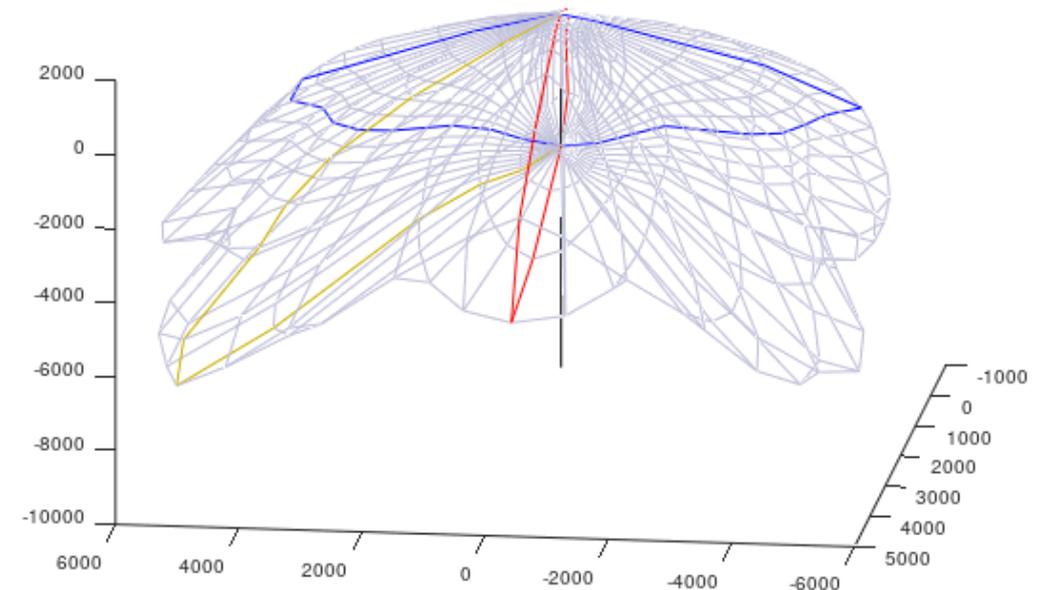
# Cálculos de iluminación

- **Datos fotométricos**
- Caracterizan
  - emisión de las fuentes
  - transmitancia y reflectancia de las superficies
- Estandarización
  - almacenaje
  - intercambio

*Permite el uso de los datos con los programas de cálculo de iluminación*

# Cálculos de iluminación

- **Datos fotométricos**
  - Fotometría de luminarias
    - intensidad luminosa emitida para un conjunto de direcciones
- matriz de distribución de intensidades*
- Dos tipos
    - de campo lejano
    - de campo cercano



# Cálculos de iluminación

- **Datos fotométricos**
- Fotometría de campo lejano
  - la mas generalizada
  - supone al emisor como fuente puntual
  - regla de x5 para emisores difusos
    - si la distancia al sensor  $D_{\text{ensayo}}$  es 5 veces la máxima dimensión del emisor → cálculo usando la matriz obtenida tiene una precisión de 2% para distancias mayores que  $D_{\text{ensayo}}$
    - para distancias menores la precisión es menor

# Cálculos de iluminación

- **Datos fotométricos**
- Fotometría de campo cercano
  - describe la distribución espacial de flujo para cálculos precisos a distancias menores que  $D_{\text{ensayo}}$
  - dos tipos
    - A distancia de aplicación
    - De campo de luminancia

# Cálculos de iluminación

- **Datos fotométricos**
- Fotometría de campo cercano
  - Fotometría a distancia de aplicación
    - se ensaya a la misma distancia de cálculo
    - no se asume constancia de las intensidades al variar la distancia
  - Fotometría de campo de luminancia
    - distribución de luminancia para un conjunto de puntos a distancia fija, cubriendo una esfera alrededor de la luminaria
    - permite calcular  $E$  a cualquier distancia
    - imagen CCD para cada punto → enorme cantidad de datos

# Cálculos de iluminación

- **Limitaciones**

- Reflexión difusa

- es usada por defecto en los programas de cálculo
- puede dar malos resultados en la evaluación del desempeño visual en determinadas tareas
  - ej.: escritura sobre un papel
  - se debe considerar la BRFD, función bidireccional de reflectancia difusa para esos casos
- también se asume igual reflexión para toda  $\lambda$ 
  - en general es buena aproximación
  - falla en superficies de colores muy saturados

# Cálculos de iluminación

- **Modelos**
- Elementos básicos
  - Iluminancias en puntos discretos
  - Iluminancias promedio, máxima, mínima
- Elementos adicionales
  - Direcciones de incidencia
  - BRFD de las superficies
  - permiten en cálculo de*
  - luminancias
    - contraste, deslumbramiento, renderizados

# Cálculos de iluminación

- **Modelos**
- Iluminancias
  - se separan los aportes según su procedencia

$$E = E_{\text{directa}} + E_{\text{interreflexiones}}$$

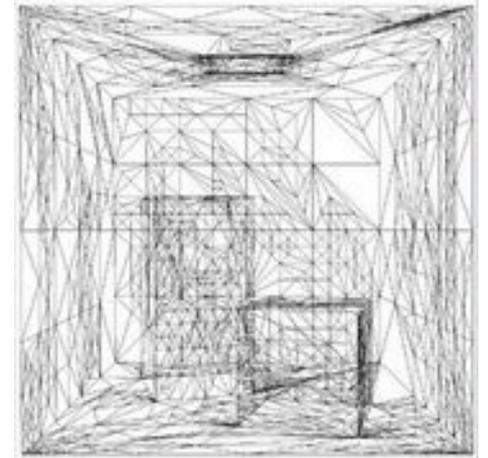
- $E_{\text{directa}}$  pesa en escenarios abiertos o al aire libre
- $E_{\text{interreflexiones}}$  en escenarios con iluminación indirecta
- Ambos se consideran en el resto de los casos

# Cálculos de iluminación

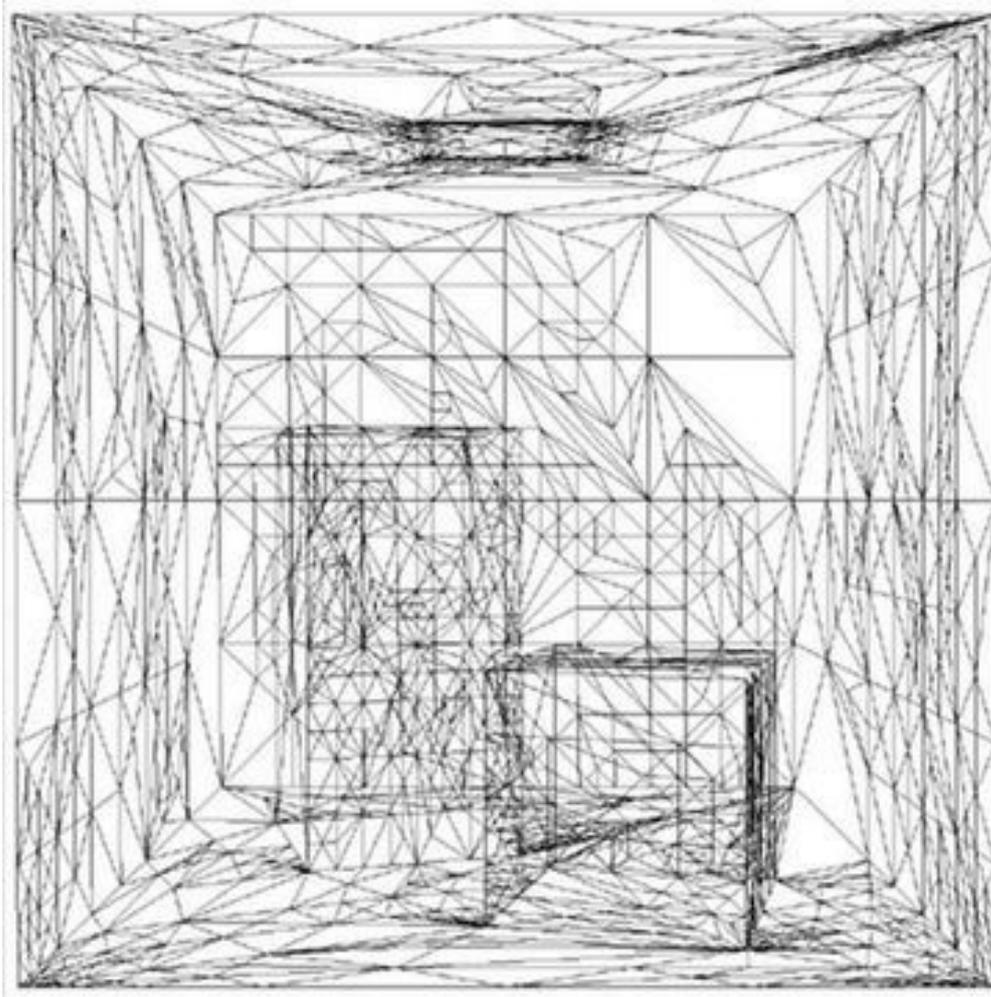
- **Modelos**
- Componentes directas
  - se determinan a partir de*
    - fotometrías
    - geometría
    - modelos de luz natural

# Cálculos de iluminación

- **Modelos**
  - Componentes interreflejadas
    - Modelo de transferencia radiante
      - reflexión difusa, casi siempre
      - se divide el escenario en  $n$  elementos (mesh)
        - cada uno es una superficie o parte si sus propiedades varían en su extensión
      - para cada uno se aplica reflexividad y factor de forma
      - sistema lineal de orden  $n$
- $n \uparrow \rightarrow$  resultado mas preciso, cálculo mas costoso



# Cálculos de iluminación



Ejemplo de meshing (división en elementos) para cálculo de transferencia radiante.

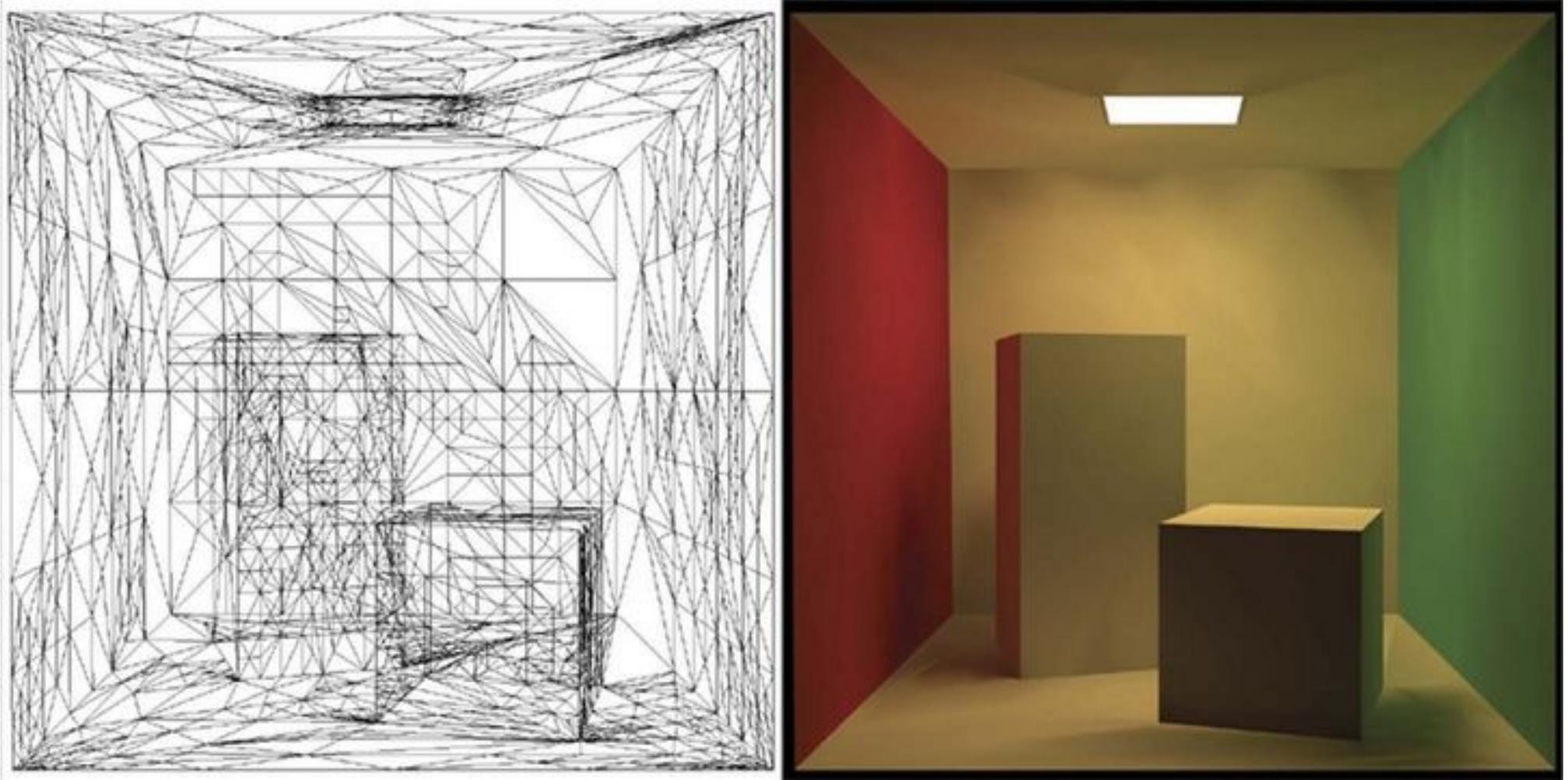
# Cálculos de iluminación

- **Modelos**
  - Componentes interreflejadas
    - Modelo de trazado de rayos (ray tracing)
      - óptica geométrica
      - se trazan rayos que se propagan un número determinado de reflexiones o hasta que su potencia es despreciable (fácil usar BRFD)
      - densidad de rayos  $\uparrow \rightarrow$  mejor resultado, cálculo mas costoso
    - Combinados
      - transferencia radiante + ray tracing
- componentes especulares  
o semi especulares

# Cálculos de iluminación

- **Modelos**
- De cantidad de luz
  - No contienen información de color
- Color
  - Modelos radiométricos con información espectral
    - distribución espectral de potencia
    - reflectancia espectral, transmitancia espectral
  - Modelos RGB
    - como si fueran 3 modelos monocromáticos
    - resolución metamérica del color

# Cálculos de iluminación



Modelo con información de color.

# Cálculos de iluminación

- **Factores que afectan los cálculos**
- Las condiciones reales ocasionan pérdidas en la cantidad de luz útil
- Se definen factores de pérdida
  - en el rango  $[0, 1]$
  - dos tipos
    - no recuperables
    - recuperables

# Cálculos de iluminación

- **Factores que afectan los cálculos**
- Factores no recuperables
  - Temperatura ambiente
    - afecta a fuentes frías: LED y fluorescentes
    - pérdida de flujo a  $T > T_{\text{ensayo}}$
  - Factor de extracción de calor
    - fuentes sometidas a flujos de aire
    - pérdida de calor → disminución de flujo

# Cálculos de iluminación

- **Factores que afectan los cálculos**
- Factores no recuperables
  - Tensión de alimentación
    - afecta incandescentes, descarga y fluorescentes con balasto electromagnético, LED con drivers pasivos
  - Balasto
    - balasto comercial vs. balasto de referencia
    - comercial → menor flujo

# Cálculos de iluminación

- **Factores que afectan los cálculos**
- Factores no recuperables
  - Factor fotométrico de combinación lámpara-balasto
    - afecta fuentes fluorescentes
    - temperatura de ensayo de la lámpara depende del balasto
    - cambia flujo total, no su distribución
    - al usar un balasto distinto al de ensayo, se debe considerar su factor fotométrico

# Cálculos de iluminación

- **Factores que afectan los cálculos**
- Factores no recuperables
  - Factor de operación
    - afecta a lámparas de descarga de alta intensidad
    - balasto, posición de operación, calor devuelto a la lámpara por la luminaria
    - factor ajusta para la combinación en uso respecto a la situación de ensayo
  - Factor de inclinación (parte del f. de operación)
    - posición de uso de la lámpara vs. ensayo

# Cálculos de iluminación

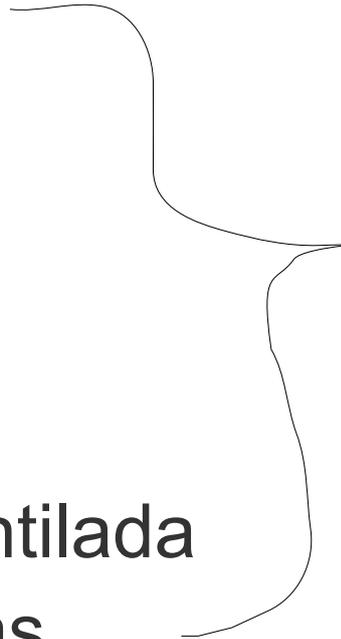
- **Factores que afectan los cálculos**
- Factores recuperables
  - deben considerarse al determinar el factor total de pérdida de flujo
  - dependen de
    - mantenimiento
    - ambiente
    - tipo de lámparas / luminarias

# Cálculos de iluminación

- **Factores que afectan los cálculos**
- Factores recuperables
  - Depreciación de flujo
    - caída de flujo con el tiempo de uso
    - debe conocerse al tiempo de falla catastrófica
    - o definirse un valor, y al alcanzarlo se sustituyen las lámparas

# Cálculos de iluminación

- **Factores que afectan los cálculos**
- Factores recuperables
  - Acumulación de suciedad (ambientes no industriales)
    - flujo cae por acumulación de suciedad
  - ambiente
    - limpio
    - moderado
    - sucio
  - luminaria
    - abierta / no ventilada
    - todas las demás



CIE da curvas de depreciación según la **combinación de situaciones y clasificación por distribución de flujo** de la luminaria.

# Cálculos de iluminación

- **Factores que afectan los cálculos**
- Factores recuperables
  - Acumulación de suciedad (ambientes industriales)
    - conceptualmente similar al anterior
    - mas categorías para luminarias, ambiente y mantenimiento
    - reflejan las condiciones mas severas

# Cálculos de iluminación

- **Factores que afectan los cálculos**
- Factores recuperables
  - Agotamiento de las lámparas
    - las lámparas que fallan ocasionan caída del flujo total
    - factor asociado al número máximo aceptable de fallas
    - aplica a todas las tecnologías, excepto LED

# Cálculos de iluminación

- **Consideración de resultados**
- Promedios
  - en la mayoría de casos aportan información insuficiente
- Mínimos, máximos
  - agregan valor al resultado
  - sensibles a densidad de grilla de cálculo
  - uniformidades
  - poca información de como se distribuye la magnitud evaluada en el espacio de puntos considerados

# Cálculos de iluminación

- **Consideración de resultados**
- Evaluación por criterio
  - Se consideran
    - puntos que satisfacen una cierta condición en el total de puntos evaluados
  - Ejemplo: criterio para nivel de iluminación
    - $E \geq 200 \text{ lx}$
    - 100 puntos evaluados
    - en 10 puntos  $E < 200 \text{ lx}$
    - 90% de cumplimiento

# Cálculos de iluminación

- Vimos...
  - Ecuaciones fundamentales para cálculo de
    - iluminancias
    - luminancias
    - flujo
  - Aproximaciones, discretización
  - Superficies difusas
    - ley del coseno
    - separación entre factores geométricos y propiedades físicas

# Cálculos de iluminación

- Vimos...
  - Datos fotométricos para cálculos
    - fotometría de campo lejano
    - fotometría de campo cercano
  - Modelos
    - elementos
    - transferencia radiante
    - ray tracing

# Cálculos de iluminación

- Vimos...
  - Factores que afectan los cálculos
    - no recuperables
    - recuperables
  - Consideración de los resultados
    - promedios, extremos, evaluación por criterio