

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Definición del Problema . . . . .	2
1.3. Objetivo General . . . . .	3
1.4. Objetivos Específicos . . . . .	3
1.5. Plan de trabajo . . . . .	3
<b>2. Principios Fundamentales</b>	<b>4</b>
2.1. Conceptos de Óptica . . . . .	4
2.1.1. Onda, frente de onda . . . . .	5
2.1.2. Difracción . . . . .	5
2.1.3. PSF (Point Spread Function) . . . . .	6
2.1.4. Coma -aberración comática- . . . . .	7
2.1.5. Astigmatismo . . . . .	8
2.1.6. Perturbaciones Atmosféricas . . . . .	8
2.2. OpticStudio . . . . .	9
2.3. CCD (Charge-Coupled Device) . . . . .	11
2.3.1. Fuentes de ruido en el CCD . . . . .	13
2.4. Telescopios . . . . .	14
2.5. Telescopio 4m de Cerro Tololo . . . . .	14
2.6. FITS (Flexible Image Transport System) . . . . .	16
2.7. Cota de Cramér-Rao . . . . .	16
2.8. Centroide . . . . .	17
<b>3. Características del Modelo</b>	<b>18</b>
3.1. Ecuación de las Cónicas y Errores considerados . . . . .	18
3.2. Parámetros del modelo en OpticStudio . . . . .	20
3.3. Parámetros del Código en Matlab . . . . .	23
3.4. Consideraciones usualmente utilizadas en telescopios . . . . .	25
<b>4. Análisis de Resultados Obtenidos</b>	<b>27</b>
4.1. Inclinación del haz entrante (Tilt de espejo) . . . . .	27
4.2. Espejo Esférico . . . . .	31
4.3. Comparación simulaciones vs modelos teóricos . . . . .	33
<b>5. Conclusiones y trabajos futuros</b>	<b>35</b>
5.1. Perturbaciones Atmosféricas . . . . .	36

5.2. SNR: Relación Señal a Ruido . . . . .	37
5.3. Análisis estadístico y Cota de Cramér-Rao . . . . .	37
<b>Bibliografía</b>	<b>38</b>
<b>Anexo A: Código</b>	<b>40</b>
<b>Anexo B: Desarrollos de los límites de resolución Ópticos</b>	<b>47</b>
<b>Anexo C: Acrónimos</b>	<b>51</b>

# Índice de Tablas

2.1. Tipos de Detectores . . . . .	12
2.2. Parámetros Telescopio Víctor Blanco . . . . .	15
3.1. Superficies de revolución vs constante cónica . . . . .	19
3.2. Parámetros modelo OpticStudio . . . . .	22
3.3. Parámetros en Matlab . . . . .	24

# Índice de Ilustraciones

2.1. Descripciones del fenómeno luminoso . . . . .	4
2.2. Apertura y disco de Airy . . . . .	5
2.3. Resolver imagen de 2 estrellas que están cercanas . . . . .	6
2.4. PSF Telescopio Espacial Hubble antes y después del uso del Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement (COSTAR) . . . . .	7
2.5. Aberraciones de Coma y Astigmatismo . . . . .	7
2.6. Ejemplo de turbulencia Atmosférica . . . . .	8
2.7. Interfaz del software de Diseño Optico OpticStudio . . . . .	9
2.8. Zemax modela los sistemas ópticos como rayos de luz que cruzan lentes . . . . .	10
2.9. Modelo de montaje de Survey similar al del telescopio Cassegrain de 4 metros de Cerro Tololo . . . . .	10
2.10. CCD de tres etapas . . . . .	11
2.11. Ventana de longitudes observadas desde la superficie terrestre . . . . .	13
2.12. Telescopio Víctor Blanco, 4m de Cerro Tololo . . . . .	15
2.13. Desigualdad de Cramér-Rao . . . . .	16
3.1. Variaciones de la PSF según el ángulo de incidencia, usando un modelo Spot Diagram . . . . .	19
3.2. Ventanas de OpticStudio para obtener una PSF de un modelo óptico . . . . .	20
3.3. Función $Sinc = \frac{seno(x)}{x}$ . . . . .	21
3.4. Modelo de una PSF para un espejo parabólico centrado . . . . .	22
3.5. Simulación de una PSF registrada en un CCD de 13x13 pixeles . . . . .	24
3.6. Definición de FWHM (Full Width at Half Maximum) . . . . .	26
4.1. Desplazamiento del Centroide . . . . .	27
4.2. Angulos de Inclinación entre 0.0°y 0.2° . . . . .	28
4.3. Angulos de Inclinación entre 0.3°y 0.5° . . . . .	28
4.4. Comparación de 6 PSF para CCD con pixeles de $3\mu m$ y $15\mu m$ . . . . .	29
4.5. Angulo inclinación vs Desplazamiento . . . . .	30
4.6. Comportamiento de un Espejo Esférico . . . . .	31
4.7. PSF de Espejo Esférico, con luz a longitud de onda de $1.55 \mu m$ . . . . .	32
4.8. PSF de Espejo Esférico, con luz visible . . . . .	32
4.9. Simulación Espejos Parabólicos y Esféricos vs Comas y Astigmatismos Teóricos . . . . .	33
5.1. Patrón de interferencia producido por abertura circular . . . . .	49