

Óptica adaptativa computacional en tomografía de coherencia sin estabilidad de fase

Trabajo de grado I
Maestría en Física Aplicada

Sebastián Ruiz Lopera

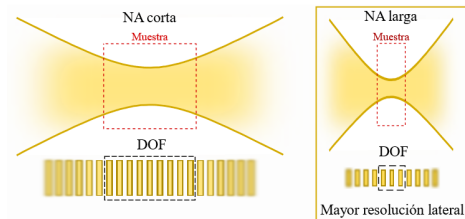
Asesor: Ph.D. René Restrepo Gómez
Área de Instrumentación Óptica Espacial - INTA

Co-asesor: Ph.D. Néstor Uribe Paratarroyo
Wellman Center for Photomedicine - MGH - HMS

Escuela de Ciencias
Grupo de Óptica Aplicada
26 de febrero de 2020

OCT es susceptible a aberraciones ópticas:

- Propias del sistema óptico,
- Inducidas por la muestra (e.g. imagen retinal).



CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

1 Introducción

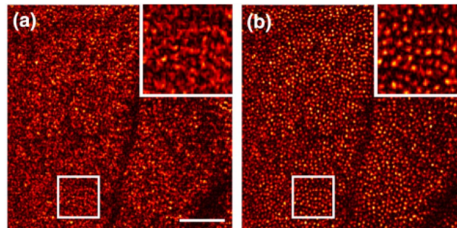
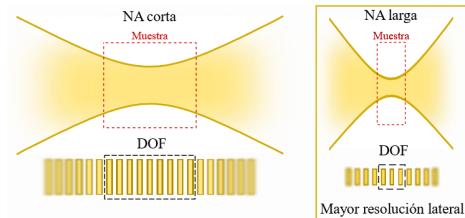
Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

OCT es susceptible a aberraciones ópticas:

- Propias del sistema óptico,
- Inducidas por la muestra (e.g. imagen retinal).



CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

1 Introducción

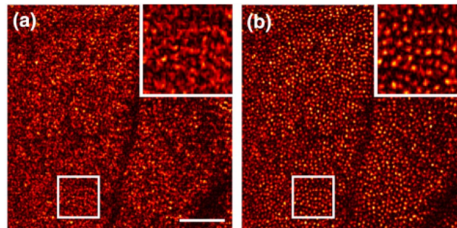
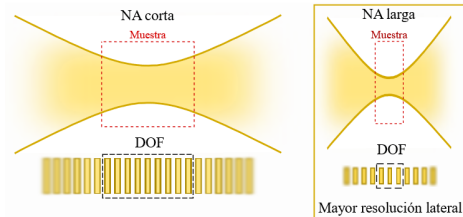
Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

OCT es susceptible a aberraciones ópticas:

- Propias del sistema óptico,
- Inducidas por la muestra (e.g. imagen retinal).



Compromiso entre resolución y profundidad de campo.
Las aberraciones **afectan** la resolución efectiva del sistema.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

1 Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

Introducción

La corrección computacional de aberraciones (CAC) es un campo de interés en OCT para evitar o complementar los enfoques basados en *hardware*. CAC opera en el campo complejo con **modelos analíticos** o **parámetros derivados de los datos mismos**.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

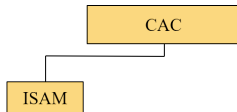
2 Introducción

Objetivos

Objetivo general

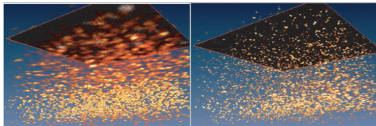
Objetivos específicos

La corrección computacional de aberraciones (CAC) es un campo de interés en OCT para evitar o complementar los enfoques basados en *hardware*. CAC opera en el campo complejo con **modelos analíticos** o **parámetros derivados de los datos mismos**.



Interferometric synthetic aperture
microscopy

TYLER S. RALSTON^{1,2}, DANIEL L. MARKS^{1,2}, P. SCOTT CARNEY^{1,2} AND STEPHEN A. BOPPART¹



CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

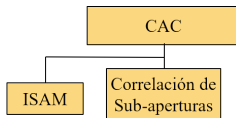
2 Introducción

Objetivos

Objetivo general

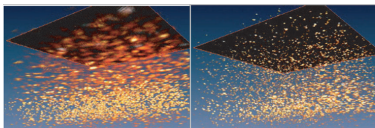
Objetivos específicos

La corrección computacional de aberraciones (CAC) es un campo de interés en OCT para evitar o complementar los enfoques basados en *hardware*. CAC opera en el campo complejo con **modelos analíticos** o **parámetros derivados de los datos mismos**.



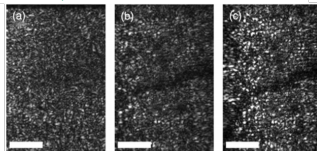
Interferometric synthetic aperture microscopy

TYLER S. RALSTON^{1,2}, DANIEL L. MARKS^{1,2}, P. SCOTT CARNEY^{1,2} AND STEPHEN A. BOPPART¹



Noniterative digital aberration correction for cellular resolution retinal optical coherence tomography *in vivo*

LAURIN GINNEK,^{1,2,*} ABHISHEK KUMAR,¹ DANIEL FECHTIG,¹ LARA M. WÜRSTER,¹ MATTHIAS SALAS,¹ MICHAEL PIRCHER,¹ AND RAINER A. LEITGEN^{1,2}



CAO en OCT de fase inestable

Sebastián Ruiz

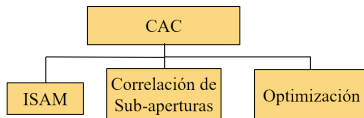
2 Introducción

Objetivos

Objetivo general

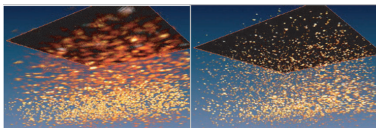
Objetivos específicos

La corrección computacional de aberraciones (CAC) es un campo de interés en OCT para evitar o complementar los enfoques basados en *hardware*. CAC opera en el campo complejo con **modelos analíticos** o **parámetros derivados de los datos mismos**.



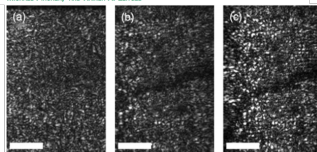
Interferometric synthetic aperture microscopy

TYLER S. RALSTON^{1,2}, DANIEL L. MARKS^{1,2}, P. SCOTT CARNEY^{1,2} AND STEPHEN A. BOPPART¹



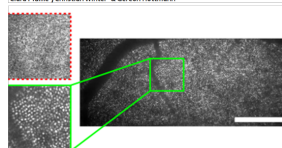
Noniterative digital aberration correction for cellular resolution retinal optical coherence tomography *in vivo*

LAURIN GINNE^{1,2,4}, ABHISHEK KUMAR,¹ DANIEL FECHTIG,¹ LARA M. WURSTER,¹ MATTHIAS SALAS,¹ MICHAEL PRICHER,¹ AND RAINER A. LEITGES^{1,2}



Aberration-free volumetric high-speed imaging of *in vivo* retina

Dierck Hillmann¹, Hendrik Spahr^{1,3}, Carola Hain², Helge Sudkamp^{1,3}, Gesa Franke^{1,3}, Clara Pfäffle¹, Christian Winter¹ & Gereon Hüttmann^{1,3,4}



CAO en OCT de fase inestable

Sebastián Ruiz

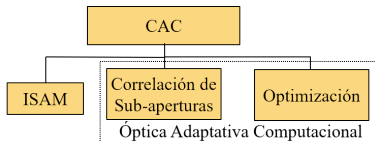
2 Introducción

Objetivos

Objetivo general

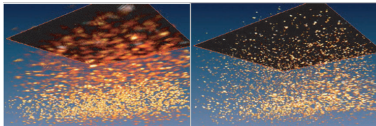
Objetivos específicos

La corrección computacional de aberraciones (CAC) es un campo de interés en OCT para evitar o complementar los enfoques basados en *hardware*. CAC opera en el campo complejo con **modelos analíticos** o **parámetros derivados de los datos mismos**.



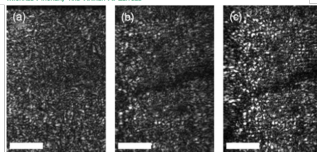
Interferometric synthetic aperture microscopy

TYLER S. RALSTON^{1,2}, DANIEL L. MARKS^{1,2}, P. SCOTT CARNEY^{1,2} AND STEPHEN A. BOPPART¹



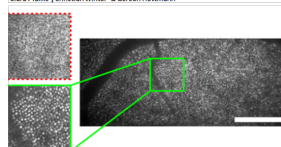
Noniterative digital aberration correction for cellular resolution retinal optical coherence tomography *in vivo*

LAURIN GINNE^{1,2,*}, ABHISHEK KUMAR,¹ DANIEL FECHTIG,¹ LARA M. WURSTER,¹ MATTHIAS SALAS,¹ MICHAEL PRICHER,¹ AND RAINER A. LEITGES^{1,2}



Aberration-free volumetric high-speed imaging of *in vivo* retina

Dierck Hillmann¹, Hendrik Spahr^{1,3}, Carola Hain², Helge Sudkamp^{1,3}, Gesa Franke^{1,3}, Clara Pfäffle¹, Christian Winter¹ & Gereon Hüttmann^{1,3,4}



CAO en OCT de fase inestable

Sebastián Ruiz

2 Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

Planteamiento del problema

La **corrección de aberraciones** es de gran interés para potenciar el desempeño de OCT al obtener imágenes que preservan la información de estructuras finas, así como para extender el DOF en imágenes de alta resolución.

CAO en OCT de fase inestable

Sebastián Ruiz

3 Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

Planteamiento del problema

La **corrección de aberraciones** es de gran interés para potenciar el desempeño de OCT al obtener imágenes que preservan la información de estructuras finas, así como para extender el DOF en imágenes de alta resolución.

Las **técnicas computacionales** operan con el **campo complejo**, por lo que requieren *estabilidad de fase*, que **solo se obtiene en sistemas con configuraciones específicas, limitando su aplicabilidad.**

CAO en OCT de fase inestable

Sebastián Ruiz

3 Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

Planteamiento del problema

La **corrección de aberraciones** es de gran interés para potenciar el desempeño de OCT al obtener imágenes que preservan la información de estructuras finas, así como para extender el DOF en imágenes de alta resolución.

Las **técnicas computacionales** operan con el **campo complejo**, por lo que requieren *estabilidad de fase*, que **solo se obtiene en sistemas con configuraciones específicas**, limitando su aplicabilidad.

Se propone desarrollar una **estrategia computacional de corrección de aberraciones ópticas** en tomografía de coherencia óptica que pueda **operar en sistemas sin estabilidad de fase**, ampliando así la aplicabilidad de estas técnicas en sistemas más comunes, **sin configuraciones específicas**.

CAO en OCT de fase inestable

Sebastián Ruiz

3 Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

Objetivo general

Corregir aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica **sin estabilidad de fase** mediante técnicas de **posprocesamiento**.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

4

6

Objetivo general

Corregir aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica **sin estabilidad de fase** mediante técnicas de **posprocesamiento**.

Objetivos específicos

- Establecer el **estado del arte** de la corrección computacional de aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

4

6

Objetivo general

Corregir aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica **sin estabilidad de fase** mediante técnicas de **posprocesamiento**.

Objetivos específicos

- Establecer el **estado del arte** de la corrección computacional de aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica.
- Identificar las **fuentes de inestabilidades de fase** y los **métodos de estabilización de tomogramas** adquiridos mediante tomografía de coherencia óptica.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

4

Objetivo general

Corregir aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica **sin estabilidad de fase** mediante técnicas de **posprocesamiento**.

Objetivos específicos

- Establecer el **estado del arte** de la corrección computacional de aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica.
- Identificar las **fuentes de inestabilidades de fase** y los **métodos de estabilización de tomogramas** adquiridos mediante tomografía de coherencia óptica.
- Desarrollar un **método de posprocesamiento** que permita estabilizar la fase y corregir las aberraciones en tomogramas adquiridos sin estabilidad de fase.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

4

Objetivo general

Corregir aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica **sin estabilidad de fase** mediante técnicas de **posprocesamiento**.

Objetivos específicos

- Establecer el **estado del arte** de la corrección computacional de aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica.
- Identificar las **fuentes de inestabilidades de fase** y los **métodos de estabilización de tomogramas** adquiridos mediante tomografía de coherencia óptica.
- Desarrollar un **método de posprocesamiento** que permita estabilizar la fase y corregir las aberraciones en tomogramas adquiridos sin estabilidad de fase.
- Evaluar el desempeño del método con **datos experimentales in vivo** y **ex vivo** con sistemas típicos con inestabilidades de fase.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

4

6

Objetivo general

Corregir aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica **sin estabilidad de fase** mediante técnicas de **posprocesamiento**.

Objetivos específicos

- Establecer el **estado del arte** de la corrección computacional de aberraciones ópticas en tomografía de coherencia óptica.
- Identificar las **fuentes de inestabilidades de fase** y los **métodos de estabilización de tomogramas** adquiridos mediante tomografía de coherencia óptica.
- Desarrollar un **método de posprocesamiento** que permita estabilizar la fase y corregir las aberraciones en tomogramas adquiridos sin estabilidad de fase.
- Evaluar el desempeño del método con **datos experimentales in vivo** y **ex vivo** con sistemas típicos con inestabilidades de fase.
- Identificar y analizar las posibles **limitaciones del método**.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

4

6

Revisión bibliografía y estudio teórico:

Conceptos y modelos de OCT. Técnicas de CAC. Estabilidad y estabilización de fase.

Bases de datos: Scopus, ScienceDirect. **Literatura en OSA, SPIE, IEEE.**

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

5

Documentación de publicación de resultados:

Presentaciones del curso. Organización de los scripts y resultados. Escritura del documento final, defensa pública. Escritura de artículos. Ponencias.

Congresos: SPIE Photonics West 2020/2021. **Revistas:** Optics Letters.

6

Revisión bibliografía y estudio teórico:

Conceptos y modelos de OCT. Técnicas de CAC. Estabilidad y estabilización de fase.

Bases de datos: Scopus, ScienceDirect. **Literatura en** OSA, SPIE, IEEE.

Desarrollo e implementación :

Selección de técnica CAC.

Selección de método de estabilización.

Programación de las técnicas.

Formulación del método integrado.

Software: MATLAB. **Estación de**

computo: i7@3.20GHz - 64GB.

Documentación de publicación de resultados:

Presentaciones del curso. Organización de los scripts y resultados. Escritura del documento final, defensa pública. Escritura de artículos. Ponencias.

Congresos: SPIE Photonics West 2020/2021. **Revistas:** Optics Letters.

CAO en OCT de fase inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

5

6

Revisión bibliografía y estudio teórico:

Conceptos y modelos de OCT. Técnicas de CAC. Estabilidad y estabilización de fase.

Bases de datos: Scopus, ScienceDirect. **Literatura en** OSA, SPIE, IEEE.

Desarrollo e implementación :

Selección de técnica CAC.
Selección de método de estabilización.
Programación de las técnicas.
Formulación del método integrado.

Software: MATLAB. **Estación de
computo:** i7@3.20GHz - 64GB.

Evaluación experimental:

Pruebas experimentales con datos
simulados, datos de prueba de
concepto y datos con relevancia
médica. Todos están disponibles.

Sistema: *Polygon-based SS-OCT.*

Documentación de publicación de resultados:

Presentaciones del curso. Organización de los scripts y resultados. Escritura del documento final,
defensa pública. Escritura de artículos. Ponencias.

Congresos: SPIE Photonics West 2020/2021. **Revistas:** Optics Letters.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

5

6

Revisión bibliografía y estudio teórico:

Conceptos y modelos de OCT. Técnicas de CAC. Estabilidad y estabilización de fase.

Bases de datos: Scopus, ScienceDirect. **Literatura en** OSA, SPIE, IEEE.

Desarrollo e implementación :

Selección de técnica CAC.
Selección de método de estabilización.
Programación de las técnicas.
Formulación del método integrado.

Software: MATLAB. **Estación de
computo:** i7@3.20GHz - 64GB.

Evaluación experimental:

Pruebas experimentales con datos
simulados, datos de prueba de
concepto y datos con relevancia
médica. Todos están disponibles.

Sistema: *Polygon-based SS-OCT*.

Análisis del método y de resultados:

Evaluación cualitativa de los
datos. Definición de una métrica
para una evaluación cuantitativa.
Determinación del alcance del
método y análisis de las
limitaciones.

Datos de referencia.

Documentación de publicación de resultados:

Presentaciones del curso. Organización de los scripts y resultados. Escritura del documento final,
defensa pública. Escritura de artículos. Ponencias.

Congresos: SPIE Photonics West 2020/2021. **Revistas:** Optics Letters.

CAO en OCT de fase
inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

5

6

Cronograma

Etapas	Actividad	Meses / Semanas																																										
		Febrero				Marzo				Abril					Mayo				Junio				Julio					Agosto				Septiembre					Octubre							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica y estudio teórico	1. Organización y clasificación la bibliografía encontrada en el curso Seminario II.	■																																										
	2. Estudio del modelo matemático de la señal de OCT y la corrección de aberraciones.		■			■																																						
	3. Estudio de las configuraciones experimentales, sus fuentes de inestabilidad de fase y las técnicas de estabilización de fase.			■		■	■																																					
	4. Identificación de las técnicas computacionales para corrección de aberraciones en OCT.				■																																							
Desarrollo e implementación	5. Selección de técnicas de posprocesamiento para corrección de aberraciones y estabilización de fase en OCT.					■	■																																					
	6. Programación de las técnicas seleccionadas.						■																																					
	7. Formulación del método de integración de las técnicas seleccionadas.							■						■	■	■																												
Evaluación experimental	8. Aplicación del método a datos simulados.														■	■	■																											
	9. Aplicación del método a datos experimentales de prueba de concepto.																	■	■																									
	10. Aplicación del método a datos experimentales de relevancia médica.																				■					■	■																	
Análisis del método y resultados	11. Determinación de una métrica para evaluar cuantitativamente los resultados obtenidos.																										■	■																
	12. Evaluación y análisis de los resultados.																											■	■															
	13. Identificación y análisis de las limitaciones del método.																												■	■	■													
	14. Documentación del trabajo y sustentación	■	■	■			■	■		■	■	■				■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

CAO en OCT de fase inestable

Sebastián Ruiz

Introducción

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

6

6

¡Gracias por su atención!
¿Alguna pregunta?

UNIVERSIDAD
EAFIT®

Vigilada Mineducación