

**UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR**

DECANATO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

COORDINACIÓN DE POSTGRADO EN FÍSICA

MAESTRÍA EN FÍSICA

**TRABAJO DE GRADO**

**CONTROL DE VIBRACIONES MECÁNICAS EN UN SISTEMA INTERFEROMÉTRICO.**

por

Nicolas Veloz Savino

Julio 2011



**UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR**

DECANATO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

COORDINACIÓN DE POSTGRADO EN FÍSICA

MAESTRÍA EN FÍSICA

**CONTROL DE VIBRACIONES MECÁNICAS EN UN SISTEMA INTERFEROMÉTRICO.**

Trabajo de Grado presentado a la Universidad Simón Bolívar por

**Nicolas Veloz Savino**

como requisito parcial para optar al grado académico de

**Magister en Física**

Con la asesoría del profesor

Rafael Escalona

Julio 2011



**UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR**

DECANATO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

COORDINACIÓN DE POSTGRADO EN FÍSICA

MAESTRÍA EN FÍSICA

# APROBACIÓN DEL JURADO

**CONTROL DE VIBRACIONES MECÁNICAS EN UN SISTEMA INTERFEROMÉTRICO.**

Por: Veloz Savino, Nicolás

Carnet No.: 07-86143

Este Trabajo de Grado ha sido aprobado en nombre de la Universidad Simón Bolívar por el siguiente jurado examinador:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Presidente

Prof.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Miembro Principal

Prof.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Miembro Principal - Tutor

Prof. Rafael Escalona

XX de xxxxxx de 2011

“Para ella, querer había sido siempre un poco agradecer y otro poco provocar la gratitud”.

Mario Benedetti, Los Pocillos.

# AGRADECIMIENTOS



**UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR**

DECANATO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

COORDINACIÓN DE POSTGRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

**CONTROL DE VIBRACIONES MECÁNICAS EN UN SISTEMA INTERFEROMÉTRICO.**

Por: Veloz Savino, Nicolás

Carnet No.: 07-86143

Tutor: Prof. Rafael Escalona

Julio, 2011

# RESUMEN

El presente trabajo …

Palabras claves:

# ÍNDICE GENERAL

Pag.

[APROBACIÓN DEL JURADO ii](#_Toc289940446)

[AGRADECIMIENTOS iv](#_Toc289940447)

[RESUMEN v](#_Toc289940448)

[ÍNDICE GENERAL vi](#_Toc289940449)

[ÍNDICE DE TABLAS viii](#_Toc289940450)

[ÍNDICE DE FIGURAS x](#_Toc289940451)

[ABREVIATURAS xii](#_Toc289940452)

[Introducción 15](#_Toc289940453)

[CAPITULO I Marco Teórico 19](#_Toc289940454)

[1.1. Interferencia de la Luz 19](#_Toc289940455)

[1.2. Interferencia 20](#_Toc289940456)

[1.3. Espectro Electromagnético 20](#_Toc289940457)

[1.4. Teoría del Color 20](#_Toc289940458)

[1.5. Cámaras CCD 20](#_Toc289940459)

[1.5.1. Descripción y funcionamiento de un CCD 20](#_Toc289940460)

[1.5.2. Clasificación de las cámaras CCD 21](#_Toc289940461)

[1.5.3. Control Adaptativo 23](#_Toc289940463)

[1.6. Bibliografía 23](#_Toc289940464)

# ÍNDICE DE TABLAS

Pag.

**No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.**

# ÍNDICE DE FIGURAS

Pag.

**No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.**

# ABREVIATURAS

# Introducción

# CAPITULO I Marco Teórico

## Interferencia de la Luz

Una onda de luz que se propaga en la dirección z se puede escribir con la siguiente función de onda



Donde:

*  es la longitud de onda
*  es la frecuencia (número de ondas por unidad de tiempo)
*  es la amplitud
*  es el número de onda
*  es la fase constante

La fase de la onda es el término dentro del coseno, , escrito de otra forma tenemos que



En dos puntos distintos,  y , a lo largo de la dirección de propagación de la onda, las fases serán  y .



La diferencia de fase entre estos puntos será igual a la diferencia de caminos ópticos multiplicada por el número de onda.[[1](#_ENREF_1)]

## Interferencia

Si tenemos dos ondas planas que inciden en un mismo detector y escribimos los campos eléctricos en notación compleja tal que



La intensidad obtenida será igual al cuadrado de la suma de los campos eléctricos.





Dónde . De la ecuación se puede observar que la intensidad en el receptor no simplemente es la suma de las intensidades de cada onda incidente, tiene un término que es llamado el término de interferencia que viene modulado por la diferencia de caminos ópticos. [[1](#_ENREF_1)]

## Teoría del Color

El sistema visual humano (HVS) es capaz de medir una parte del espectro electromagnético, aproximadamente entre 300nm y 830nm, como no es posible ver cada combinación posible, el ser humano tiende a agrupar grupos de espectros en colores.

## Cámaras CCD

### Descripción y funcionamiento de un CCD

Una cámara CCD está constituida principalmente por un CCD (*Charge-Coupled Device*) que básicamente es un detector de fotones. [[2](#_ENREF_2" \o "Murphy, 2001 #2)]

Un CCD tiene tres funciones básicas: colectar carga, transferir carga y convertir la carga a un voltaje medible.

La estructura básica de un CCD es un capacitor MOS (Metal – Oxido – Semiconductor). Esta estructura es capaz de absorber un fotón y crear un par electron-hueco, los cuales pueden ser recolectados y transferidos. Usualmente los portadores de carga son llamados fotoelectrones. [[2](#_ENREF_2), [3](#_ENREF_3)]

En le estructura MOS se crea una zona vacía de portadores o zona de depleción en el semiconductor. Si se utiliza un semiconductor tipo P, al aplicar un voltaje positivo entre el metal (gate) y el semiconductor las cargas móviles positivas del semiconductor (huecos) serán repelidas hacia el electrodo de tierra, esto hará que la zona de depleción aumente. Si un fotón con energía mayor al band gap del semiconductor es absorbido, este creara un par electrón-hueco. El electrón será atraído hacia la interfaz del óxido-semiconductor, mientras que el hueco será repelido hacia el electrodo negativo. La cantidad de electrones que puede almacenar en la zona de depleción se conoce como la capacidad del pozo y viene dado por el voltaje aplicado, el ancho del óxido, el dopaje del semiconductor y el área del electrodo. [[3](#_ENREF_3)]

Un registro CCD esta conformado por una serie de compuertas en una estructura MOS. Si se manipula en una forma sistemática los voltajes entre las compuertas se puede lograr transferir la carga de los distintos pozos como una cinta transportadora. [[3](#_ENREF_3)]

Un pixel esta conformado por una o mas compuertas que permiten el almacenamiento y transferencia de la carga almacenada en el pozo sin interferir con los demás pixeles adyacentes.

### Clasificación de las cámaras CCD

Las cámaras CCD se pueden clasificar dependiendo de la forma como se transfiere y se lee la información almacenada en cada pixel.

#### Full-Frame CCD

En una camara CCD full-frame se tiene un arreglo de pixeles que conforman el registro paralelo que es la superficie que acumula y guarda los fotoelectrones, un registro serial capaz de almacenar una fila del registro paralelo y un convertidor análogo-digital (ADC).

Durante un tiempo de exposición el registro paralelo está acumulando fotoelectrones, luego de este tiempo el obturador de la cámara se cierra para evitar que sigan llegando fotones a la superficie del CCD y se aplica una secuencia de voltaje a las compuertas de los pixeles para transferir una fila a la vez la carga almacenada en cada pozo hacia el registro serial el cual transferirá cada pixel al ADC para digitalizar la información de cada pixel. [[2](#_ENREF_2)]

#### Frame-Transfer CCD

Este tipo de cámaras son rápidas porque la exposición y la lectura ocurren simultáneamente. La mitad del CCD rectangular está tapada con una cubierta opaca que sirve como buffer de almacenamiento, mientras que la otra mitad es la que está expuesta (área de imagen).

Durante el tiempo de exposición el área de imagen recibe los fotones, luego por una transferencia paralela todos los pixeles de éste área son transferidos al buffer de almacenamiento donde es transferido a un registro serial y al ADC de igual manera que las cámaras Full-Frame. Mientras esta lecutra del buffer de almacenamiento está ocurriendo el área de imagen está recibiendo los nuevos fotoelectrones de la nueva imagen.

La ventaja de este tipo de cámaras es que no necesitan un obturador electromecánico, sin embargo solo la mitad del sensor es utilizado para obtener imagen.[[2](#_ENREF_2)]

#### Interline transfer CCD

En las cámaras CCD de transferencia interlineada se alternan filas de pixeles de imagen con filas de pixeles de almacenamiento, lo que resulta un patrón te tiras en todo el CCD.

Luego de una exposición todos los píxeles de todas tiras de imagen son transferidos de un solo paso hacia las tiras de almacenamiento, las cuales van a ser leidas mientras que las tiras de imagen vuelven a estar disponibles para exponerse a los fotones.

Para este tipo de cámaras se utiliza un pixel muy pequeño y microlentes que cubren los pixeles de almacenamiento e imagen para que los fotones incidentes en el pixel de almacenamiento sean redirigidos hacia el pixel de imagen. [[2](#_ENREF_2)]

## Control Adaptativo

# Capítulo II Conclusiones y recomendaciones

# Referencias

1. Gåsvik, K.J., *Optical metrology*. 2002: J. Wiley & Sons.

2. Murphy, D.B., *Fundamentals of light microscopy and electronic imaging*. 2001: Wiley-Liss.

3. Holst, G.C., *CCD arrays, cameras, and displays*. 1998: JCD Publishing.

# Anexo a

1. Gåsvik, K.J., *Optical metrology*. 2002: J. Wiley & Sons.

2. Murphy, D.B., *Fundamentals of light microscopy and electronic imaging*. 2001: Wiley-Liss.

3. Holst, G.C., *CCD arrays, cameras, and displays*. 1998: JCD Publishing.