





**MCDI**

MAESTRÍA EN CIENCIA DE DATOS E INFORMACIÓN

INFOTEC CENTRO DE INVESTIGACIÓN E  
INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

DIRECCIÓN ADJUNTA DE INNOVACIÓN Y  
CONOCIMIENTO  
GERENCIA DE CAPITAL HUMANO  
POSGRADOS

# “Identificación de Autetificación de imágenes digitales”

IMPLEMENTACIÓN DE UN TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN Que para obtener el grado de  
MAESTRO EN CIENCIA DE DATOS E  
INFORMACIÓN

Presenta:

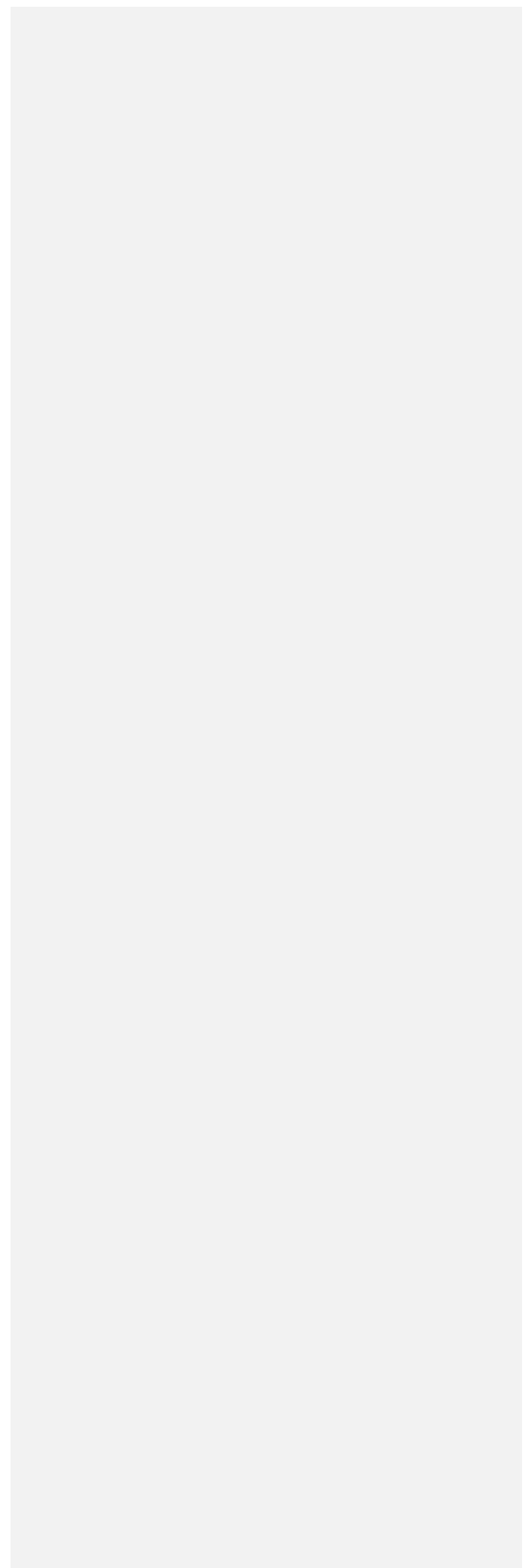
**José Florentino Chavira Sánchez**

Asesor:

**Dr. Edgar González Fernández**

Ciudad de México, junio, 2023

## Autorización de impresión



## Agradecimientos

Mi agradecimiento a mi familia, esposa e hijos, por tener la paciencia, por entender mis inquietudes y por todo el tiempo no invertido en ellos. Agradezco sinceramente todo el apoyo que recibí de todos los profesores que estuvieron presentes y los que no también, ya que compartieron algo del vasto conocimiento que tienen y siguen acumulándolo todos los días. Especialmente agradezco al Dr. Edgar Gonzáles Fernández por toda la paciencia que tuvo para permitirme llegar a la conclusión de este trabajo. Agradezco a INFOTEC, por brindarme los recursos y herramientas necesarios para desarrollar este trabajo.

Principalmente a Dios, por haberme dado otra oportunidad para terminar satisfactoriamente este curso, a pesar de todas las adversidades que se presentaron.

# Tabla de contenido

1

2

1.1

Introducción.....¡Error!

Marcador no definido.

6

2.1 8

2.1.1 ¡Error! Marcador no definido.

Capítulo 3. Autenticación de imágenes mediante la detección de rastros de desmosificación2

3.1 Introducción2

3.2 Experimentación.....

12

13

15

16

# Índice de figuras

## Índice de gráficos

## Índice de cuadros

Siglas y abreviaturas

SIGLAS	Descripción
SIGLAS	Descripción



<b>SIGLAS</b>	Descripción
<b>SIGLAS</b>	Descripción
<b>SIGLAS</b>	Descripción
<b>SIGLAS</b>	Descripción

**Glosario**

**“A”**

**Aenean:** Sollicitudin sem lorem, nec tristique lacus auctor in. Etiam luctus purus non dui fringilla tempor. Suspendisse euismod urna id nisl cursus, nec tincidunt lacus sagittis. Sed mollis sem mattis ligula rutrum scelerisque. Ut mattis condimentum blandit. Curabitur ipsum mauris, ullamcorper non accumsan id, eleifend id velit. Nunc at semper massa, sit amet pellentesque metus. Pellentesque pulvinar eget mauris sit amet dapibus. Integer vel lorem ut sem pretium semper vel at est. Aenean vitae varius libero. Sed accumsan nisl eu nulla consectetur fringill.

## “B”

**Blandit:** Aenean laoreet ligula massa, ut varius lorem convallis ut. Integer at libero neque. Donec vestibulum neque in efficitur iaculis. Donec eros eros, porta suscipit auctor et, rutrum ut tortor.

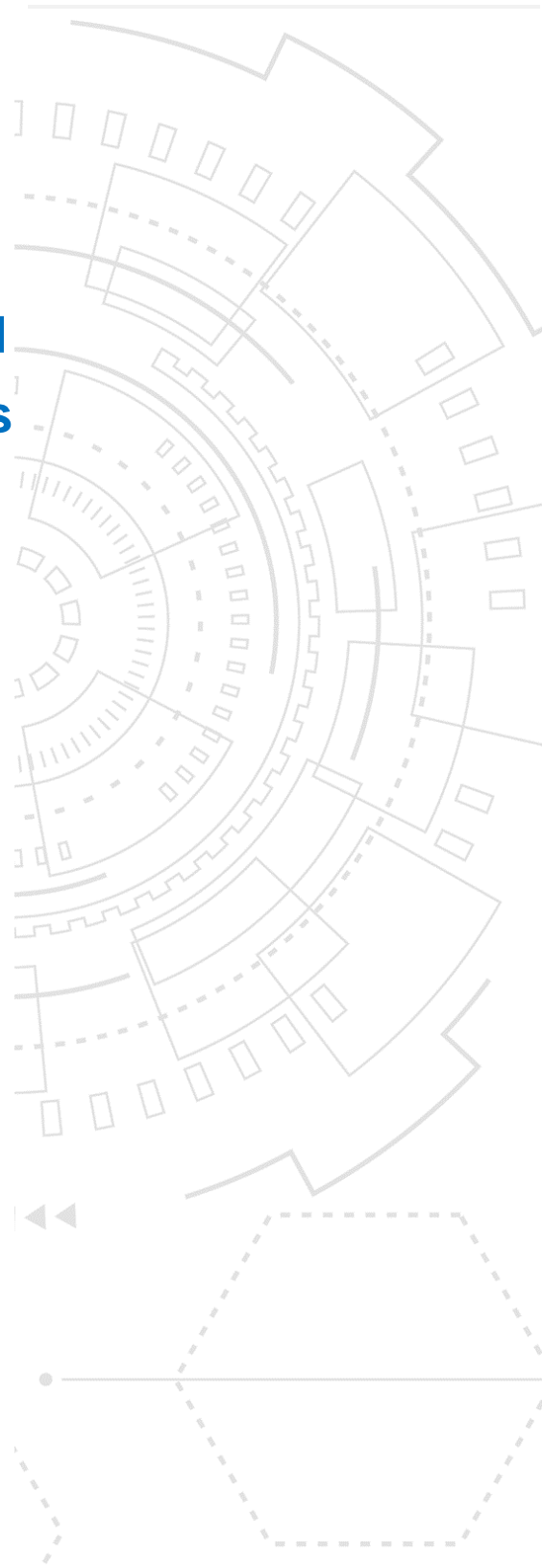
## “C”

**Congue:** Quam nibh convallis mauris, et tincidunt massa dolor maximus mauris. Fusce pretium lectus vitae aliquet aliquet. Fusce elit ligula, cursus eu velit eu, maximus tempus lorem.

# Introducción

# Capítulo 1

## Tratamiento de imágenes digitales



# Capítulo 1. Tratamiento de imágenes digitales

## 1.1 Introducción

Una imagen digital en color consta de tres canales que contienen muestras de diferentes bandas del espectro de color, por ejemplo, rojo verde y azul. Sin embargo, la mayoría de las cámaras digitales están equipadas con un único sensor CCD o CMOS y capturan imágenes en color mediante una matriz de filtros de color (CFA). La mayoría de los CFA emplean tres filtros (rojo, verde y azul) colocados sobre cada elemento del sensor. Dado que sólo se adquiere una muestra de color en cada posición de píxel, las otras dos muestras de color deben estimarse a partir de las muestras para obtener una imagen en color de tres canales. La estimación de las muestras de color que faltan se denomina interpolación cromática (conocida en inglés como demosaicing o demosaicking).

Los métodos de interpolación más sencillos son los basados en kernel, que actúan sobre cada canal de forma independiente (por ejemplo, interpolación bilineal o bicúbica). Los algoritmos más sofisticados interpolan los bordes de forma diferente a las zonas uniformes para evitar que se desdibujen las características más destacadas de la imagen. Independientemente de la implementación específica, la interpolación CFA introduce correlaciones estadísticas específicas entre un subconjunto de píxeles en cada canal de color. Dado que los filtros de color de un CFA suelen estar en un patrón periódico, estas correlaciones son periódicas. Al mismo tiempo, es poco probable que los píxeles originales adquiridos presenten las mismas correlaciones periódicas.[1]

**Comentado [1]:** Captura (o también adquiere)

**Comentado [2]:** Interpolación cromática (conocida en inglés como demosaicing o demosaicking)

**Comentado [3]:** interpolación

**Comentado [4]:** Falta algo

**Comentado [5]:** adquiridos

1.1.1 Una imagen en color mide la cantidad de luz en cada parte del espectro visible para cada píxel. Una imagen en color típica de ordenador registra tres valores para cada píxel: Rojo, Verde y Azul (RGB). En una cámara digital típica de bajo coste, una única matriz de sensores CMOS o CCD captura los colores de la escena, es decir, cada píxel del sensor detecta un único canal de color: verde, rojo o azul. Esta disposición se denomina matriz de filtros de color (CFA). Bayer [2] introdujo el patrón CFA más popular. En esta disposición, la densidad de las muestras verdes es el doble que la de los componentes de color rojo y azul. Los colores que faltan se interpolan para reconstruir la imagen a todo color. La matriz CFA de Bayer que se muestra en la Fig. 1.1 se utiliza ampliamente, aunque en la literatura se han propuesto varios CFA. Los filtros verdes están en cuadrícula quincunx (entrelazados) y los filtros rojos y azules rellenan los espacios vacíos. El resto del conjunto de sensores se compone repitiendo este patrón horizontal y verticalmente en las dimensiones espaciales. Este CFA básicamente hace submuestras de la imagen a todo color con un 50 % de verde, 25 % de rojo y 25 % de azul de la imagen original.[3]

Comentado [6]: En una?

Comentado [7]: No veo la figura

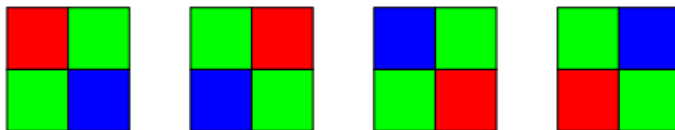


Fig.1.1. Diferentes configuraciones del filtro de Bayer. [3] RajaRao, C.



## Capítulo 2

### ▶▶▶▶ Estado del Arte

## Capítulo 2. Estado del Arte

La ciencia forense de la imagen digital es una rama que se ocupa de los delitos, en los que las imágenes se utilizan como prueba principal ante un tribunal. Las ciencias forenses disponen de métodos para identificar el dispositivo de origen, por ejemplo, cámara, escáner, etc., con su modelo concreto. Si se manipula la imagen, también se puede detectar. Manipular una imagen significa añadir o eliminar información de una imagen, de modo que se modifique su significado original.[18]

Si la alteración es intencionada y está relacionada con algún tipo de beneficio, puede denominarse falsificación de imagen digital. Los métodos de detección de falsificaciones se dividen principalmente en dos categorías: activos y pasivos. En el método activo, se incrusta previamente en la imagen información, por ejemplo, una marca de agua digital o una firma digital. Este procedimiento se realiza para dar autenticidad a una imagen. Pero las imágenes distribuidas en Internet generalmente no contienen información incrustada. Para superar el inconveniente de los métodos activos, se han desarrollado métodos pasivos [13]. La manipulación puede ser de dos tipos: se realiza en la misma imagen o en varias imágenes. Si un área se copia y se pega en otra área de la misma imagen, se conoce como falsificación por movimiento de copia o falsificación por duplicación de región. Cuando se trata de dos o más imágenes y su combinación produce una imagen falsa, se denomina empalme o fotomontaje [14]. Farid da muchos ejemplos de incidentes reales con falsificación de imágenes [15]. En julio de 2008, una imagen falsificada de cuatro misiles iraníes se colgó en Internet y se publicó en periódicos [16]. El periódico egipcio Al-Ahram publicó en septiembre de 2010 una imagen falsificada. En esta imagen, el presidente Mubarak encabezaba el grupo en lugar de Barak Obama en la Casa Blanca, durante las conversaciones de paz en Oriente Próximo [17].[12]

**Comentado [8]:** Suena incompleto. Haría falta escribir un poco sobre "alteraciones" para precisar cuando podría considerarse una falsificación o "alteración maliciosa" y cuando una modificación legítima.

**Comentado [9]:** , como por ejemplo,

**Comentado [10]:** generalmente no contienen información incrustada

**Comentado [11]:** Agrega algunas imágenes de estas modificaciones y proporciona el crédito correspondiente.





Top, the image that Agence France-Presse obtained from Sepah News on Wednesday. Below, another image that The Associated Press received from the same source on Thursday, which appeared to be taken from the same vantage point at almost the same time.

Figura 2.1. M. Nizza and P. J. Lyons, *In an Iranian Image, A Missile Too Many*.<sup>[16]</sup>

## 2.1 Artículos relacionados

Existen varios métodos para autenticar la fuente de una imagen digital. Con la marca de agua activa [4], se altera una imagen para que lleve un mensaje de autenticación por el dispositivo de captura de imágenes. Posteriormente, el mensaje se puede extraer para verificar el origen de la imagen. Desgraciadamente, este método requiere una coordinación entre la inserción y la extracción de la marca de agua. A diferencia del enfoque activo, los métodos estadísticos se utilizan para caracterizar la diferencia entre imágenes fotorrealistas generadas por ordenador (por sus siglas en inglés PRCG) y imágenes fotográficas (por sus siglas en inglés PIM). Por ejemplo, en [5] se extrae de las imágenes un conjunto de características wavelet para formar un modelo estadístico de PRCG y PIM, y la clasificación se realiza con técnicas estándar de aprendizaje automático.

**Comentado [12]:** Mencionar que es por sus siglas en inglés.

En [6], se demuestra que las características geométricas y físicas también son eficaces para clasificar entre PRCG y PIM. En esencia, ambos enfoques son eficaces debido a la falta de perfección en los gráficos por computadora de última generación. Por ejemplo, en [6] se observa que los PRCG contienen bordes inusualmente afilados y límites de oclusión. Una explicación razonable es que las imperfecciones como la suciedad, las manchas y las muescas que son omnipresentes en las escenas reales son difíciles de simular. Es mucho más fácil crear un gráfico por ordenador de una oficina que la imagen de esa oficina tras una década de desgaste. En cualquier caso, a medida que el campo de los gráficos por computadora madura con un modelado más realista de los detalles de la escena y modelos de iluminación más realistas, parece razonable suponer que las diferencias estadísticas entre las escenas reales y las generadas por ordenador disminuirán.

**Comentado [13]:** ¿A que te refieres en específico?

Mientras tanto, los investigadores han demostrado recientemente que cuando una imagen se remuestrea mediante interpolación, las huellas estadísticas del remuestreo se incrustan en la propia señal de la imagen [7, 8, 9]. En [7], la firma se

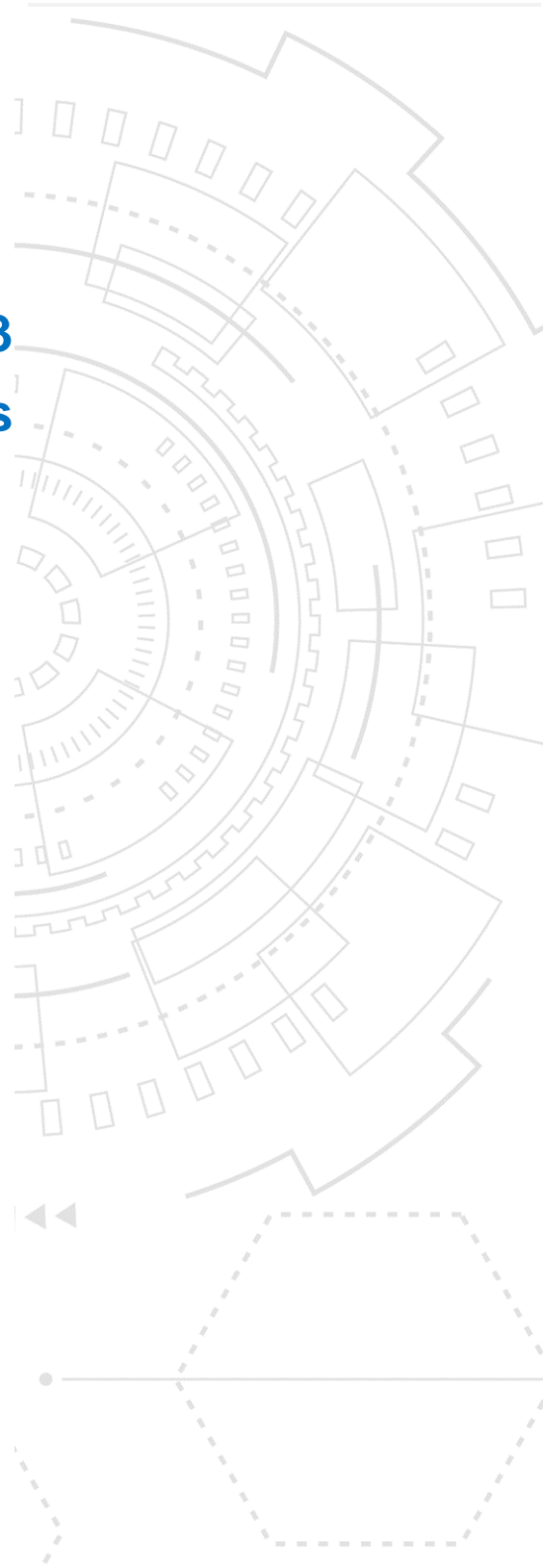
recupera aplicando un operador laplaciano a la imagen. El Laplaciano que tiene una varianza mayor en las posiciones correspondientes a las posiciones de los píxeles en la imagen original no interpolada, este patrón se recupera con el análisis de Fourier.

En [11], los autores utilizan el algoritmo EM, esta vez para encontrar píxeles correlacionados con los vecinos y para estimar los coeficientes de interpolación. Además, los mapas de probabilidad pueden utilizarse para sugerir la existencia de alteraciones locales.

**Comentado [14]:** interpolación

## Capítulo 3

# Autenticación de Imágenes



## Capítulo 3. Autenticación de imágenes mediante la detección de rastros de desmosificación

### 3.1 Introducción

### 3.2 EXPERIMENTACIÓN

Par este trabajo, de los tres canales que tiene una imagen a color: azul, verde y rojo, se va a emplear el color verde para este estudio, especificado como  $i(x,y)$ , pudiéndose aplicar los procedimientos descritos para los otros colores.

Se va utilizar un set de fotografías de diferentes marcas para realizar el proceso. Así, de esta matriz, Figura 1, se van a obtener dos listas, A1 y A2. A1 va contener los valores adquiridos, mientras que A2 contiene a los valores interpolados.

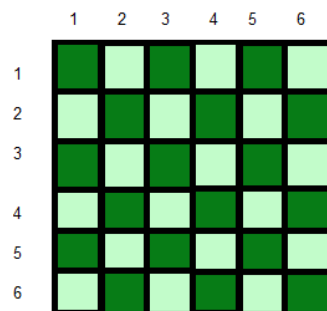


Figura 1.- Matriz de la imagen original en canal verde,  $i(x,y)$

Comentado [15]: adquiridos

Comentado [16]: Contiene a los valores interpolados

De las listas obtenidas, A1 y A2, ahora se obtiene la varianza y la media de cada una de las imágenes. Teniendo los siguientes resultados de 3 imágenes para ejemplificar:

**Comentado [17]:** De 3 imágenes para ejemplificar

Para Canon 60D:

**Comentado [18]:** 60D

```
Canon_60D
imagen 0
varianza v1 4.676751194584483 media A1 0.00014437451774691358
varianza v2 4.675993313254304 media A2 2.290702160493827e-06
imagen 1
varianza v1 1.1716735537258192 media A1 -0.0003363715277777778
varianza v2 1.1703710512058891 media A2 0.0004352936921296296
imagen 2
varianza v1 2.8373997282836525 media A1 9.10252700617284e-05
varianza v2 2.8401097421595827 media A2 0.0002888695987654321
```

Para Nikon D7000:

**Comentado [19]:** Nikon

```
Nikon_D7000
imagen 0
varianza v1 1.0689976194753534 media A1 0.001521749614197531
varianza v2 3.006055576843725 media A2 -0.0015899281442901235
imagen 1
varianza v1 4.792520304436511 media A1 0.004468496817129629
varianza v2 8.677736575744838 media A2 -0.004099151234567901
imagen 2
varianza v1 7.265559317726515 media A1 -0.01055079330632716
varianza v2 12.087223005433232 media A2 0.00986496913580247
```

Para Nikon D90:

```
Nikon_D90
imagen 0
varianza v1 4.184269908665353 media A1 0.020544825424382716
varianza v2 10.373832966515382 media A2 -0.021247950424382715
imagen 1
varianza v1 19.213599985008273 media A1 0.0114135440779321
varianza v2 23.61477998448043 media A2 -0.010365487557870371
imagen 2
varianza v1 9.486964964141723 media A1 0.0795436077353395
varianza v2 29.868266114486882 media A2 -0.07993055555555556
```

Para A57:

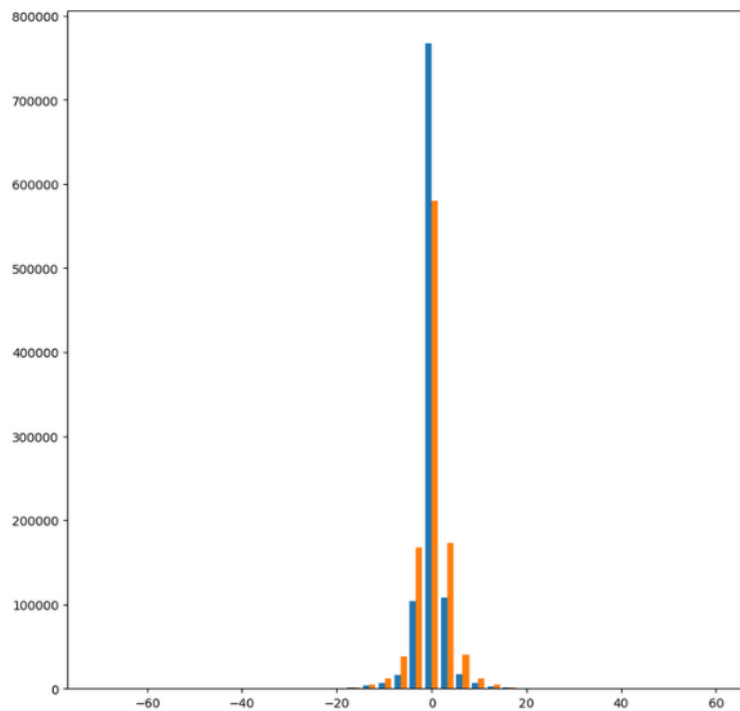
```

Sony_A57
imagen 0
varianza v1 4.684376801995876 media A1 -0.009701605902777778
varianza v2 5.604928177977279 media A2 0.009435100790895061
imagen 1
varianza v1 13.408864552451426 media A1 -0.001441333912037037
varianza v2 16.0697433475549 media A2 0.0009427445023148148
imagen 2
varianza v1 4.799444164670543 media A1 -0.004953342013888889
varianza v2 5.737192542470401 media A2 0.00931929976851852

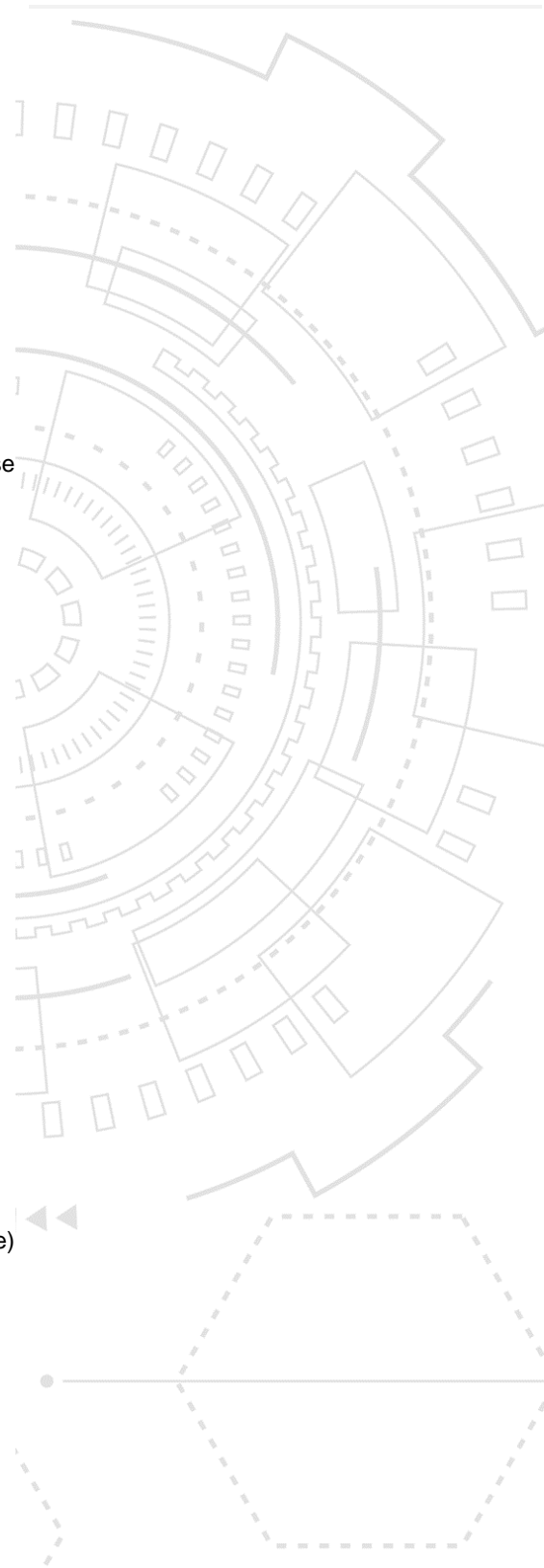
```

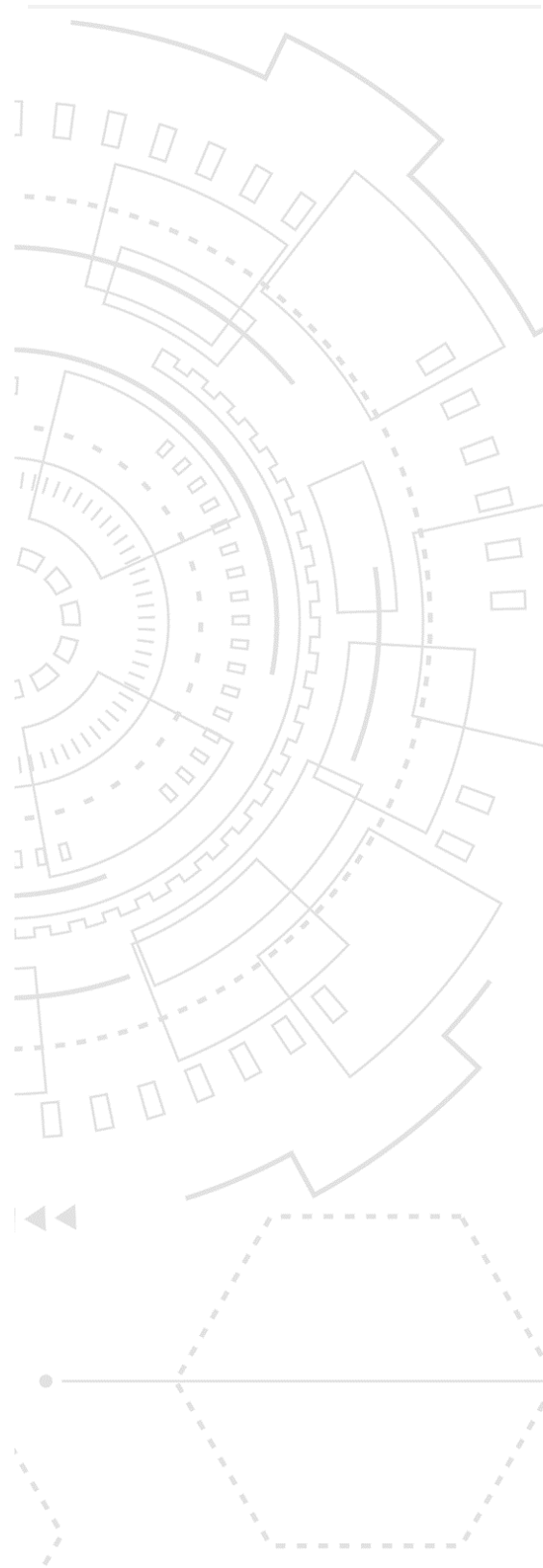
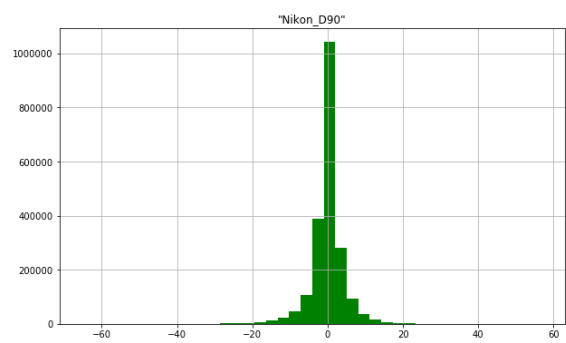
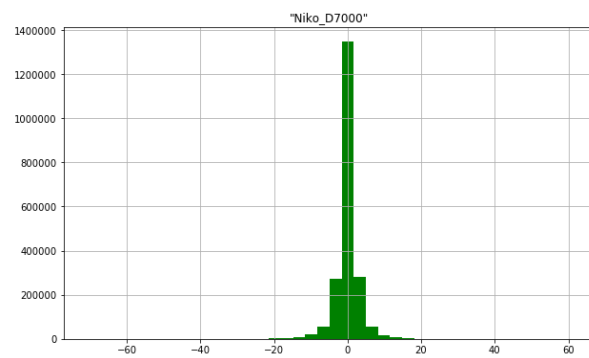
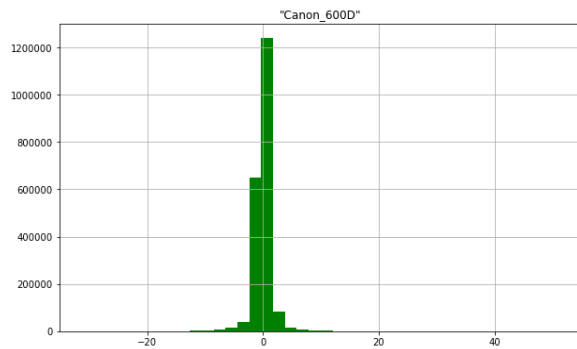
Obteniendo la gráfica de la varianza para la Nikon D7000:

Como se puede observar, tiene una distribución pequeña, por lo que los datos se encuentra muy cerca de la media.

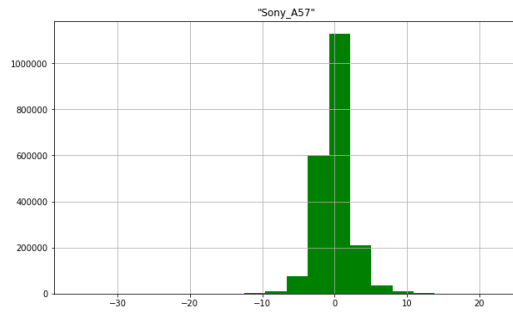


Ahora se obtienen las gráficas del error de estimación (Imagen original – denoise) de cada una de las fotografías de las diferentes marcas:









## Conclusiones

## Conclusiones

## Bibliografía

- [1] Farid, H. (2009). Image forgery detection. *IEEE Signal Processing Magazine*, 26(2):16–25
- [2] Bayer, B.E.: Color imaging array. US Patent 3,971,065 (1976).
- [3] RajaRao, C. et al. (2015). Single Sensor Color Filter Array Interpolation Algorithms. Springer India 2015 J.K. Mandal et al. (eds.), *Information Systems Design and Intelligent Applications, Advances in Intelligent Systems and Computing* 340, DOI 10.1007/978-81-322-2247-7\_3
- [4] V. Potdar, S. Han, and E. Chang. A survey of digital image watermarking techniques. *Proc. Industrial Informatics*, 2005.
- [5] S. Lyu and H. Farid. How realistic is photorealistic? *IEEE Transactions on Signal Processing*, 2005.
- [6] T.-T. Ng, S.-F. Chang, J. Hsu, L. Xie, and M.-P. Tsui. Physics-motivated features for distinguishing photographic images and computer graphics. In *Proc. ACM MM*, 2005
- [7] A. Gallagher. Detection of linear and cubic interpolation in JPEG compressed images. In *Proc. CRV*, 2005.
- [8] A. Gallagher. Method for detecting image interpolation. U.S. Patent 6,904,180, 2005.
- [9] A. Popescu and H. Farid. Exposing digital forgeries by detecting traces of resampling. *IEEE Trans. on Signal Processing*, 2005
- [10] Gallagher Andrew C., et al. (2008). Image Authentication by Detecting Traces of Demosaicing. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*.
- [11] A. Popescu and H. Farid. Exposing digital forgeries in color filter array interpolated images. *Trans. on Signal Processing*, 2005.
- [12] Mishra, P., Mishra, N., Sharma, S., and Patel, R. (2013). de. *The Scientific World Journal*, 2013
- [13] H. Farid, “Image forgery detection,” *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 26, no. 2, pp. 16–25, 2009. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

[14] M. Sridevi, C. Mala, and S. Sanyam, "Comparative study of image forgery and copy-move techniques," in *Advances in Computer Science, Engineering & Applications*, pp. 715–723, Springer, Berlin, Germany, 2012. View at: Google Scholar

[15] H. Farid, "Seeing is not believing," *IEEE Spectrum*, vol. 46, no. 8, pp. 44–51, 2009. View at: Publisher Site | Google Scholar.

[16] M. Nizza and P. J. Lyons, *In an Iranian Image, A Missile Too Many. The Lede*, News Blog, The New York Times, New York, NY, USA, 2008.

[17] S. D. Mahalakshmi, K. Vijayalakshmi, and S. Priyadharsini, "Digital image forgery detection and estimation by exploring basic image manipulations," *Digital Investigation*, vol. 8, no. 3, pp. 215–225, 2012. View at: Publisher Site | Google Scholar

[18] J. A. Redi, W. Taktak, and J. Dugelay, "Digital image forensics: a booklet for beginners," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 51, no. 1, pp. 133–162, 2011.

**ANEXOS**

## ANEXO 1

Índice de términos

“A”

Aliquam.....12

“B”

Blandit.....3

“C”

Consectetur.....7

“D”

Donec.....12