



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ÁREA DE INGENIERÍA EN COMPUTADORES

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE IMÁGENES DIGITALES

---

## Marca de Agua en Imágenes

---

*Estudiantes:*

Arturo CÓRDOBA V.  
Fabián GONZÁLEZ A.  
Erick CARBALLO P.  
Sebastián MORA R.

*Profesor:*

PhD. Juan Pablo SOTO

29 de junio de 2020

# Pregunta 1

## Origen

La marca de agua es una técnica para la protección de los derechos de autor que evolucionó con el descubrimiento del papel. La palabra marca de agua se acuña del uso convencional de colocar una marca de agua visible en el papel. El origen de la ocultación de datos o la marca de agua invisible se remonta a la era de los antiguos griegos que transfirieron su información después de modificar el contenido de un texto intercambiando las posiciones de los alfabetos. Los griegos pudieron enviar información secreta a través de la frontera sin ser notados. En Roma se afeitaban las cabezas de los esclavos y se tatuaba un mensaje. Cuando los pelos están completamente crecidos, se envían a los destinos a través de las líneas enemigas. Otros datos relevantes con el transcurso de los años son los siguientes[1]:

- En el siglo XVIII, la marca de agua comenzó a utilizarse como medida contra la falsificación de dinero y otros documentos.
- En 1954 se dio la primera patente en Watermarking presentada por Emil Hembrooke, titulada "Identificación de sonido y señales similares".
- A principios de la década de 1980, Muzak Corporation solía marcar con agua la señal de audio analógica para identificar su música.
- Alrededor de 1995, el interés en la marca de agua digital comenzó a crecer.

## Marca de Agua y la criptografía

La esteganografía es una subdisciplina de la criptografía y significa ocultar datos. La criptografía se trata de mantener el secreto de la información codificándolas. Esto prohíbe que cualquier persona no autorizada lo lea. La esteganografía intenta mantener el secreto de la información al no hacerse notar también al mismo tiempo. La marca de agua integra la información en un dato sin afectar su uso real. La marca de agua utiliza principalmente los mismos principios y técnicas que la esteganografía para la inserción y el ocultamiento de datos en un medio host[1].

Proceso	Método Adoptado	Propósito	Característica
Criptografía	Los datos se cifran usando un llave secreta.	Protege los contenidos en punto a punto de comunicación.	Mantiene el mensaje secreto.
Esteganografía	Utiliza un medio de cubierta para ocultar los datos.	Se mantiene la existencia de un mensaje como secreto.	Oculto mensajes reales de oyentes / espectadores no autorizados.
Marca de Agua	Inserta una marca de identificación de propietarios única.	Protección de derechos de autor, autenticación	No proteja el contenido; los derechos de propiedad podrían establecerse.

Como se observa en la tabla, se puede mencionar que la criptografía y la marca de agua tratan de proteger el contenido pero con propósitos diferentes.

## Características

Las características más deseables del sistema de marca de agua son[1]:

- **Robustez:** La robustez es la capacidad de la señal con marca de agua para resistir los ataques o distorsiones introducidas por el procesamiento malicioso de datos. Esta característica hace que las imágenes con marca de agua sean aceptables para fines legales.
- **Imperceptibilidad:** Una marca de agua, de hecho, tiene el efecto de agregar ruido. Sin embargo, la marca de agua no debe distraer al espectador de la imagen misma. Una marca de agua se llama imperceptible si la señal original y la señal marcada no se pueden distinguir.

- **Reversibilidad:** La reversibilidad es una medida de la medida en que es posible eliminar la señal de marca de agua de los medios con marca de agua. Después de la autenticación, la imagen se puede restaurar a su forma original eliminando la marca de agua.
- **Incrustación sin pérdida:** Un buen sistema de marca de agua no debe tener pérdidas, ya que no debe distorsionar el contenido original o, en otras palabras, no debe afectar la funcionalidad de los medios.
- **Seguridad:** Las marcas de agua deben existir indetectables. Incluso mediante el uso de métodos o algoritmos conocidos, la eliminación de la marca de agua no debería ser posible para un intruso.

## Clasificación

Los sistemas de marca de agua que están actualmente en uso se pueden clasificar de la siguiente manera[1]:

- **Visible o invisible:** Esta clasificación se basa en la perceptibilidad de la marca de agua oculta en los medios de host. Las técnicas de marca de agua visibles proporcionan medios para la afirmación abierta de los derechos de propiedad. Mientras que las marcas de agua invisibles son imperceptibles para los ojos humanos y, por lo tanto, brindan protección encubierta de los derechos.
- **Frágil o robusto:** Las marcas de agua robustas pueden resistir degradaciones o ataques a imágenes con marcas de agua. Sin embargo, las marcas de agua frágiles se rompen o se pierden cuando están sujetas a ataques. La aplicación para la que se utiliza la marca de agua frágil y robusta es diferente. A menudo se usa una marca de agua robusta para los casos en que se deben determinar los derechos de autor o propiedad.

## Proceso

Un sistema de marca de agua comprende dos etapas distintas: incrustación y detección. La incrustación de marca de agua necesita un algoritmo y una marca de agua única que el algoritmo codifica en el medio host. El algoritmo de incrustación  $E$  acepta la marca de agua  $w$  e incrusta esto en la imagen  $I$  para crear la señal de marca de agua  $I_w$ . El proceso se muestra en la figura 1.

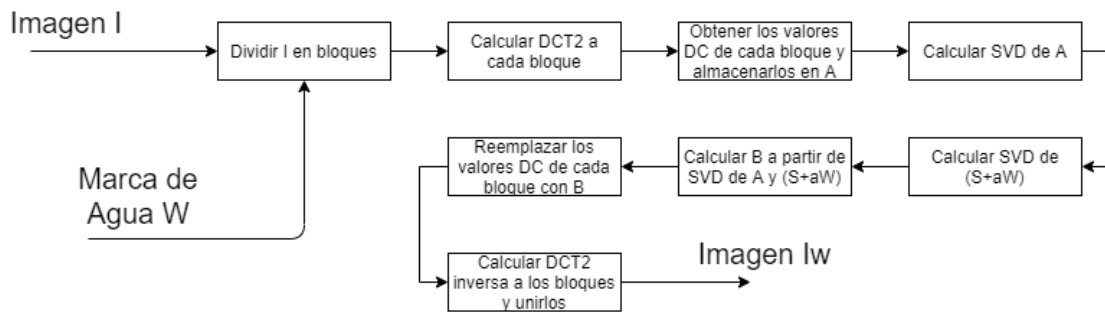


Figura 1: Proceso de Incrustación

La sección de decodificación recupera la marca de agua de la señal con marca de agua cuando se le exige al propietario que demuestre sus derechos de propiedad. El proceso se muestra en la figura 2.

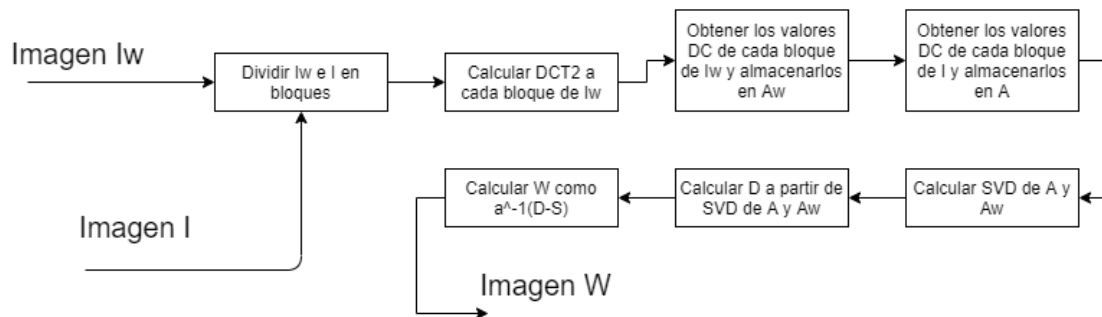


Figura 2: Proceso de decodificación o detección

El algoritmo de decodificación recupera la marca de agua  $w$  de  $I_w$ . Al decodificar, existen técnicas que necesitan la imagen original y otras que no necesitan imágenes originales. Lo anterior es una técnica de marca de agua ciega que necesita una imagen original  $I$  para generar una marca de agua  $w$ .

## Aplicaciones

Algunas de las aplicaciones que se le dan a las marcas de agua son [1]:

- **Protección de derechos de autor:** La protección de los derechos de autor es la aplicación más destacada de la marca de agua. Quién lo hizo primero es el problema que aborda esta aplicación.
- **Autenticación de contenido:** La autenticación de contenido asegura la integridad de los datos. Las imágenes digitales pueden estar sujetas a edición o eliminación de ciertas áreas de píxeles. Por pequeñas que sean estas modificaciones o manipulaciones, la integridad de los datos debe ser verificable.
- **Huellas dactilares:** Las huellas digitales nos permiten rastrear la fuente de la generación ilegal de copias cada vez que se informa. Cuando se distribuyen documentos con licencia, tienen una marca de agua única para que el comprador individual de la copia sea identificable. Esto nos permitirá rastrear la fuente de distribución ilegal de copias.
- **Subtítulos:** Los subtítulos o el etiquetado permiten al creador de los datos digitales agregar sus marcas de identificación o información adicional como nombre, fecha, ubicación y número de versión de los autores, etc. Aquí la marca de agua es visible y lleva una información para sus espectadores.
- **Comunicación encubierta:** Una información oculta se puede transmitir en un medio host a un destino sin que se note. Esto es similar a la esteganografía donde la información está oculta en un medio de cubierta. La marca de agua debe ser imperceptible para los ojos del espectador.
- **Monitoreo de radiodifusión:** Cuando se emiten señales de televisión, contienen videos con marcas de agua para permitir la identificación de retransmisiones. La información de marca de agua también podría ser útil para vincular un documento a su base de datos para encontrar versiones similares o la continuación del mismo programa. Otro uso propuesto es que la marca de agua podría servir para verificar si el video se transmite en su totalidad o según lo acordado, mientras se aseguran los derechos de transmisión.

## Pregunta 2

### Proceso de incrustación

El pseudocódigo del proceso de incrustación se puede observar en el algoritmo 1.

---

**Algorithm 1** Incrustación de una marca de agua en una imagen

---

**Entradas**

$I \in \mathbb{R}^{m_1 \times n_1}$ : imagen original en formato im2double.

$W \in \mathbb{R}^{m_2 \times n_2}$ : imagen con la marca de agua en formato im2double.

$\alpha$  factor de escalamiento para  $W$ .

**Salida**

$I_w \in \mathbb{R}^{m_1 \times n_1}$ : imagen con la marca de agua incrustada en formato im2double.

- 1: Dividir la imagen  $I$  en bloques cuadrados.
  - 2: Calcular la transformada discreta de coseno de dos dimensiones (DCT2) a cada bloque.
  - 3: Por cada bloque  $F_{m,n}(1 \leq m \leq m_2, 1 \leq n \leq n_2)$ , obtener el valor DC  $F_{m,n}(1, 1)$  y almacenarlos en una matriz  $A \in \mathbb{R}^{m_2 \times n_2}$ .
  - 4: Calcular la descomposición en valores singulares (SVD) de  $A$ :  $A \Rightarrow USV^T$
  - 5: Calcular la SVD de  $(S + \alpha W)$ :  $S + \alpha W \Rightarrow U_1 S_1 V_1^T$
  - 6: Calcular  $\hat{A}$  de la siguiente forma:  $\hat{A} \Leftarrow U S_1 V^T$
  - 7: Utilizando  $\hat{A}(m, n)(1 \leq m \leq m_2, 1 \leq n \leq n_2)$  reemplazar el valor DC  $F_{m,n}(1, 1)(1 \leq m \leq m_2, 1 \leq n \leq n_2)$ , obteniendo de esta forma  $F_{m,n}^*$ .
  - 8: Aplicar la DCT2 inversa a cada bloque  $F_{m,n}^*$  y unirlos para producir la imagen con marca de agua  $I_w$ .
  - 9: **return**  $I_w$
- 

### Proceso de extracción

El pseudocódigo del proceso de extracción se puede observar en el algoritmo 2.

---

**Algorithm 2** Extracción de una marca de agua en una imagen

---

**Entradas**

$I \in \mathbb{R}^{m_1 \times n_1}$ : imagen con la marca de agua incrustada en formato im2double.

$I_{orig} \in \mathbb{R}^{m_1 \times n_1}$ : imagen original sin la marca de agua en formato im2double.

$U_1 \in \mathbb{R}^{m_2 \times n_2}$ : vector singular izquierdo de la SVD de  $S + \alpha W$  obtenido durante el proceso de incrustación.

$V_1 \in \mathbb{R}^{m_2 \times n_2}$ : vector singular derecho de la SVD de  $S + \alpha W$  obtenido durante el proceso de incrustación.

$\alpha$  factor de escalamiento para  $W$ .

**Salida**

$W \in \mathbb{R}^{m_2 \times n_2}$ : imagen con la marca de agua en formato im2double.

im2double.

- 1: Dividir las imágenes  $I$  e  $I_{orig}$  en bloques cuadrados de tamaño  $m \times n$  donde  $(1 \leq m \leq m_2, 1 \leq n \leq n_2)$ .
  - 2: Aplicar la DCT2 a los bloques de la imagen  $I$  y almacenar los valores DC en una matriz  $A_w \in \mathbb{R}^{m_2 \times n_2}$ .
  - 3: Aplicar la DCT2 a los bloques de la imagen  $I_{orig}$  y almacenar los valores DC en una matriz  $A \in \mathbb{R}^{m_2 \times n_2}$ .
  - 4: Calcular la SVD de  $A_w$ :  $A_w \Rightarrow U S_1 V^T$ .
  - 5: Calcular la SVD de  $A$ :  $A \Rightarrow U S V^T$ .
  - 6: Calcular  $D$ :  $D \Leftarrow U_1 S_1 V_1^T$ .
  - 7: Calcular  $W$ :  $W \Leftarrow \frac{1}{\alpha}(D - S)$ .
  - 8: **return**  $W$
-

## Resultados obtenidos

En la figura 3 se muestra el resultado obtenido para el proceso de incrustación y extracción. En la primera imagen se muestra la imagen original, en la segunda se muestra la marca de agua que será incrustada, en la tercera imagen se muestra el resultado de incrustar la marca de agua en la imagen original, y en la cuarta imagen se puede observar la marca de agua extraída de la imagen modificada.



Figura 3: Resultados de los procesos de incrustación y extracción

## Pregunta 3

En la figura 4 se puede observar el resultado obtenido para la pregunta 3. Utilizando las dimensiones de  $256 \times 256$  de los vectores  $U_1$  y  $V_1$ , en conjunto con el tamaño  $1024 \times 1024$  de la imagen con ruido y marca de agua, se determinó que para el algoritmo se utilizaron bloques de  $4 \times 4$ , de esta forma se obtuvo la marca de agua mostrada en la figura 4, cuyo tamaño es de  $256 \times 256$  píxeles.



Figura 4: Resultado de extraer una marca de agua de una imagen con ruido

## Referencias

- [1] J. Abraham, "Digital Image Watermarking: An Overview", pp.36-41,M.G University, Kottayam,2011.
- [2] F. Liu Y. Liu, "A Watermarking Algorithm for Digital Image Based on DCT and SVD", pp.380-383,Zhejiang, China, 2008