

Obtención automática de siluetas a partir de imágenes adquiridas en condiciones de iluminación no controlada

John J Sanabria S

MSc.(c) en Ingeniería de Sistemas e Informática,
Universidad Industrial de Santander
Miembro Grupo GIROD, Universidad Industrial de Santander UIS
Bucaramanga, Colombia
john.sanabria2@correo.uis.edu.co

John F Archila D

MSc. Engenharia Mecânica,
Universidade Federal Do Rio De Janeiro
Docente Tiempo Completo, Director Grupo GIROD,
Universidad Industrial de Santander UIS
Bucaramanga, Colombia
jfarchid@uis.edu.co

Resumen— La adquisición de imágenes se ve afectada por diversas variables y circunstancias, es necesario a fin de obtener información útil en muchas ocasiones la incorporación de medidas para reducir las afectaciones de mayor impacto. Para el caso del presente trabajo de investigación se pretende obtener la silueta de la persona de manera automática de antemano se debe enfrentar la problemática derivada de las condiciones de iluminación. A continuación se desarrolla una comparación experimental de técnicas orientadas a reducir el impacto de la imposibilidad de controlar las condiciones de iluminación durante la adquisición de imágenes a fin de facilitar el análisis posterior de la información contenida en ellas¹.

Palabras clave— Mejoramiento de imágenes, procesamiento de imágenes, Iluminación no controlada, Remoción de ruido, siluetas.

Abstract— The image acquisition process is not always realized in a controlled environment, therefore it is affected by diverse variables and circumstances, being a necessity the involvement of protocols and measures to reduce the greater impacts. In the case of this investigation the objective is to obtain the silhouette of a person or group automatically whatever are the lighting conditions. A description of an experimental comparison of techniques designed to reduce the impact of lighting conditions during image acquisition to facilitate further analysis of the information contained therein.

Keywords— Image Denoising, Image Enhancement, Image Processing, non-controlled illumination, silhouettes

INTRODUCCIÓN

Durante la adquisición de imágenes en el campo académico, investigativo e industrial, se hace uso de cámaras digitales, es común la existencia

¹ Los autores expresan su agradecimiento a la VIE de la UIS, por el apoyo y financiación brindado al proyecto titulado "Investigación para el diseño de un sistema de análisis de marcha y postura orientado a diagnóstico y salud ocupacional" código 5557, de donde surge el presente artículo de investigación.

de situaciones en las cuales la imagen obtenida presenta niveles de degradación [1-3], debido a variaciones en las condiciones propias del evento bajo análisis [4,5], la iluminación [7-10], el instrumento de captura y las fuentes de ruido propias del ambiente [1, 2, 9, 11], ellas son causantes de pérdidas de información útil.

La situación descrita hace necesaria la utilización de técnicas de restauración a fin de obtener información de utilidad a partir de la imagen degradada [8,9,12,13], durante el presente artículo se revisan los efectos que provocan la degradación de la información a causa de las fuentes de iluminación existentes durante la adquisición de la imagen y las posibles medidas para solucionar la problemática.

El presente artículo está organizado de la siguiente manera, en la sección I se realiza una descripción de los conceptos generales y sus relaciones, en la II se presenta la metodología empleada en el trabajo de investigación y en la III se describen las conclusiones del trabajo.

I. CONCEPTOS GENERALES

En el presente aparte se exponen los conceptos generales relacionados con el trabajo desarrollado

A. Imágenes Digitales

La cámara digital usada como medio de adquisición entrega un arreglo o matriz de puntos² [15,16], correspondientes al valor de una función bidimensional $f(x, y)$ donde x y y , son coordenadas espaciales dentro de la imagen y el valor de

² Denominados píxeles, siendo estos la mínima unidad de información contenida en la imagen.

f, representa la intensidad³ o color⁴ de la imagen [15,16]. Como etapa obligatoria luego de la adquisición es necesario realizar el acondicionamiento⁵ [1,16,17] de la imagen obtenida, para realizar de la mejor manera la clasificación y la determinación de comportamientos específicos [5,18-26].

Durante la etapa de acondicionamiento de la imagen, se deben analizar los efectos generadores de degradación a fin de implementar medidas para reducir su impacto, entre los fenómenos causantes de la degradación es posible encontrar [1, 13,17-18, 24-28]:

- Defectos en el sistema de adquisición
- La pérdida de datos en el proceso de captura de la misma
- La corrupción de información en los medios de distribución
- Las distorsiones de escala en las imágenes, las fallas o variaciones en la iluminación empleada.

En términos generales, una imagen afectada por degradaciones se representa mediante la expresión (1) [29,30]

$$g = f \otimes p + n \quad (1)$$

, donde _____ representa el operador de convolución, f es la imagen a recuperar (sin degradación), p se denomina kernel de degradación y n es el ruido, es denominado problema de deconvolución de la imagen a la intención de recuperar f a partir de g.

Como situaciones asumidas durante la adquisición es frecuente encontrar [30,31]:

- Cámara fija
- Cada objeto es perfectamente opaco, es decir, no transmite la luz
- El fondo y los objetos de la escena en análisis corresponden a superficies que reflejan la energía uniformemente en todas las direcciones, denominadas superficies lambertianas
- Iluminación controlada

³ En el caso de imágenes blanco y negro.

⁴ En imágenes de color, corresponde a la combinación de tres arreglos, generalmente en el modelo de color aditivo denominado RGB

⁵ Término aceptado en Hispanoamérica para el proceso de preparar la información para su análisis se elimina información fútil.

La última de ellas es una condición ideal enfrentada en algunos trabajos mediante la inclusión de variables derivadas del conocimiento previo de la escena y/o los modelos matemáticos descriptores de la afectación y la Inteligencia Artificial (IA) como herramientas para superar el problema [9-11,20, 26-31].

B. Iluminación

En las aplicaciones relacionadas con el seguimiento de personas (u objetos), la detección del movimiento se fundamenta en la substracción de la información del fondo y la captura de las variables temporales [1,4-7,9-13,20, 22, 26].

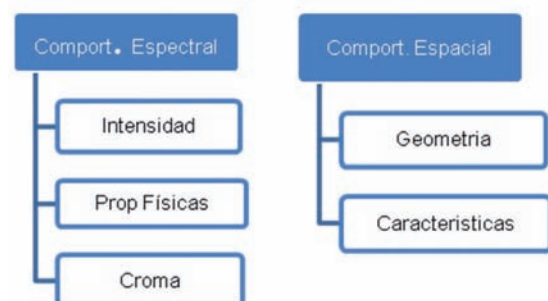
El proceso de adquisición de información es sencillo en condiciones de iluminación controlada, sin embargo, ante cambios en la iluminación [7-11,31] la escena puede verse afectada de manera global o parcial.

Los cambios en la iluminación se pueden ubicar en cinco categorías [7,31]

- Fondo oscuro: región oscurecida por un objeto fijo
- Fondo brillante: una región iluminada por una fuente de luz
- Objeto brillante: Un objeto en movimiento frente a una fuente de luz
- Objeto oscuro: Un objeto en movimiento dentro de un entorno oscuro
- Sombra: Una sombra causada por el objeto en movimiento.

A fin de manejar la situación problema generada por la iluminación se consideran dos enfoques [31] ilustrados en la Figura 1.

Fig. 1 ENFOQUES PARA ENFRENTAR LOS PROBLEMAS DE ILUMINACIÓN.



Durante el presente trabajo se considera el enfoque espectral con énfasis en cromas y la intensi-

dad presentes en la imagen, luego de acondicionada (eliminada la información fútil) la imagen se procede a determinar de manera automática la silueta de la misma, son usadas métricas⁶ objetivas, basadas en la comparación como herramienta para determinar la utilidad de las técnicas evaluadas.

C. Métricas en procesamiento digital de imágenes

El manejo de las señales y el efecto del acondicionamiento y procesamiento de las mismas, puede medirse mediante parámetros o métricas, para el caso de las imágenes existen dos metodologías de evaluación, Tabla I [32]:

- Métricas basadas en parámetros subjetivos: basados en el concepto de una persona u operario, como una medida para incrementar su objetividad, la ITU⁷, ha generado algunas recomendaciones.
- Métricas basadas en parámetros objetivos: orientados a determinar la variación presente en una imagen a partir de operaciones matemáticas en el dominio bidimensional o tridimensional.

Cualquiera de las dos metodologías de evaluación, puede usarse mediante la comparación respecto a una referencia o sin realizar esta [32].

TABLA I
DENOMINACIÓN DE LAS MÉTRICAS DE ACUERDO A LA REALIZACIÓN DE COMPARACIÓN [32].

	SUBJETIVAS	OBJETIVAS
CON COMPARACIÓN	Estímulo doble (Ds)	Referencia completa
SIN COMPARACIÓN	Escala de Calidad Continua Estimulo simple (SS-CQS)	Sin referencia

Debido a sus características, en ingeniería son utilizados los métodos objetivos, entre los cuales se encuentra métricas como [15,16]:

Error medio cuadrado

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(x,y) - K(x,y)]^2 \quad (2)$$

, donde I y K son imágenes para comparar de tamaño m*n.

6 Según el IEEE Std. 10.12-1990. "Standard Glossary of Software Engineering Terms", corresponde a una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado

7 Unión Internacional de Telecomunicaciones, el acrónimo se debe a su nombre en lengua inglesa.

Relación Señal-Ruido

$$SNR = \frac{P_{señal}}{P_{ruido}} = \left(\frac{A_{señal}}{A_{ruido}} \right)^2 \quad (3)$$

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{A_{señal}}{A_{ruido}} \right)^2 = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{señal}}{A_{ruido}} \right) \quad (4)$$

Pico de la relación señal-ruido

$$PSNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{max^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{max}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (5)$$

Donde máx corresponde al máximo valor del pixel, los valores típicos y preferibles de las métricas se encuentran entre los 30 y 59 dB, sin embargo, puede ser mayor.

Las métricas ya presentadas, son las más sencillas [15], sin embargo, a pesar de su utilidad en diversos campos del procesamiento de señales, sus mejores resultados se obtienen al analizar afectaciones presentes en zonas particulares de la imagen, denominadas distorsiones no estructuradas, gracias a su capacidad de análisis pixel por pixel [32].

Como solución ante distorsiones estructuradas, las más comunes en la adquisición de información visual de fenómenos reales, se han desarrollado métricas complementarias basadas en indicadores similares a los presentes en el sistema de visión humana, como es el caso del SSIM⁸, este es una función dependiente de la luminancia, el contraste y la similaridad estructural [32-34], tal como es expresado en (6) e ilustrado explícitamente en (7),

$$SSIM(X, \hat{X}) = f(I((X, \hat{X}), c(X, \hat{X}), s(X, \hat{X}))) \quad (6)$$

$$SSIM(X, \hat{X}) = \frac{(2\mu_x \mu_{\hat{x}} + C1)(2\sigma_{x\hat{x}} + C2)}{(\mu_x^2 + \mu_{\hat{x}}^2 + C1)(\sigma_x^2 + \sigma_{\hat{x}}^2)} \quad (7)$$

donde $C_1 = (k_1, L)^2$, $C_2 = (k_2, L)^2$, L es el rango de intensidades de los pixeles, K_1 y K_2 son constantes con valores inferiores a 1.

Adicionalmente se encuentran indicadores como el índice de correlación de Pearson y el radio OR [44] y el indicador VQM⁹, estos no se consideran en el presente documento.

8 Índice de similaridad estructural.

9 Métrica de calidad de video.

II. METODOLOGÍA EMPLEADA

El trabajo de investigación considera la reducción del efecto adverso de la iluminación no controlada en imágenes reales¹⁰, pasa a usar la imagen obtenida como base para la determinación de la silueta de manera automática.

A fin de realizar la comparación entre la silueta obtenida automáticamente y la obtenida manualmente se usan métricas objetivas, considerada la metodología **referencia completa** de acuerdo a lo presentado en la Tabla I.

Como imágenes de trabajo se recopilan treinta y dos (32) imágenes de personas, presentadas en la Figura 2, quince (15) de ellas pertenecientes a las etnias [7]:

- Color
- Asiático
- Ario
- Mestizo

En las imágenes se observa la presencia de sombras, iluminación escasa y/o en contraste al mecanismo de adquisición. Sobre las imágenes se aplica con anterioridad a la obtención de la silueta cuatro técnicas, mediante sus correspondientes algoritmos elaborados en Matlab™

- No hacer restauración
- Cambio al espacio de color HSI, normalización de la intensidad. (algoritmo 1)
- Normalización de colores. (algoritmo 2)
- Ecuación de componentes. (algoritmo 3)

En la Tabla II se definen las actividades realizadas durante la restauración.

Posterior a la restauración de la información se determina la silueta correspondiente mediante umbralización, la cual será comparada vs. la silueta manual mediante métricas (se usan MSE, Tiempo de proceso, PSNR y SSIM), los pasos descritos se ilustran en la Figura 3 y se relacionan en las Tablas II y III

¹⁰ Gran parte de los trabajos en áreas similares parten de imágenes sintéticas, las presentes fueron obtenidas a partir de Internet.

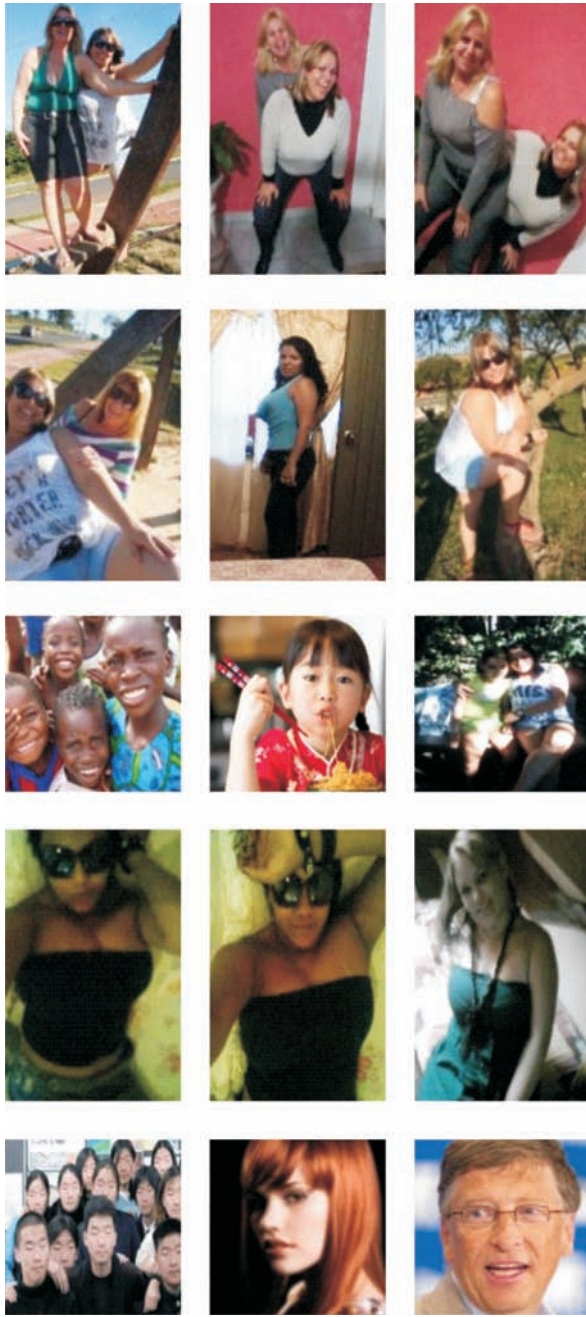
TABLA II
ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA RESTAURACIÓN DE LA IMAGEN

Técnica	Tarea
Cambio al plano HSI, normalización de la intensidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Redefinición de la imagen en el espacio de color RGB (Rojo, Verde, Azul) al espacio HSI (Pureza, Saturación, Intensidad). Cambio al plano HSI, normalización de la intensidad.
(Continuación) Cambio al plano HSI, normalización de la intensidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de las componentes en el nuevo espacio de color • Cálculo del promedio de la componente Intensidad en los espacios de color originales. • Modificación de la componente Intensidad a partir del promedio calculado anteriormente. • Recomposición de la imagen en el espacio de color HSI a partir de las componentes modificadas. • Obtención de la nueva imagen en el espacio Cambio al plano HSI, normalización de la intensidad. RGB. • Obtención de la silueta a partir de la nueva imagen de color en el espacio RGB.
Normalización de colores.	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de la imagen en las componentes RGB. • Cálculo del valor de las componentes promedio para la imagen en cada pixel en las componentes RGB. • Redefinición del valor del pixel en las componentes de acuerdo a la razón valor del pixel/promedio del pixel en las componentes RGB • Con las componentes modificadas se recompone la imagen en el espacio de color RGB. • Obtención de la silueta a partir de la nueva imagen de color.
Ecuación de componentes	<ul style="list-style-type: none"> • Redefinición de la imagen en el espacio de color RGB (Rojo, Verde, Azul) al espacio HSI (Pureza, Saturación, Intensidad). • Redistribución de la intensidad a lo largo del posible espectro de valores (0-255 unidades). • Recomposición de la imagen en el espacio HSI. • Obtención de la nueva imagen en el espacio RGB

TABLA III
ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA UMBRALIZACIÓN-DETECCIÓN DE LA SILUETA.

Actividad	Tareas
Umbralización	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la componente Intensidad de la imagen. • Cálculo de la distribución en la componente. • Determinación de la media de la intensidad y tercer cuartil. • Asignación de los valores de fondo (0) inferiores al tercer cuartil y sombra (1) los valores restantes, de acuerdo a los cálculos anteriores. • Creación de la silueta.

Fig. 2 IMÁGENES DE PRUEBA



Las imágenes están en formato Jpeg y sus tamaños se encuentran en el rango 200X300 y 250X400.

Las imágenes presentan zonas de iluminación en contraste, que ocasionan oscurecimiento de la persona y/o la aparición de sombras sobre la persona debido a la presencia de objetos que bloquean la iluminación de la persona en partes que crean patrones sobre la figura en análisis.

A continuación se presentan los tiempos obtenidos por los algoritmos en el conjunto de imágenes con tamaño 200X300

Fig. 3 PASOS REALIZADOS SOBRE LAS IMÁGENES DE LA FIGURA 2

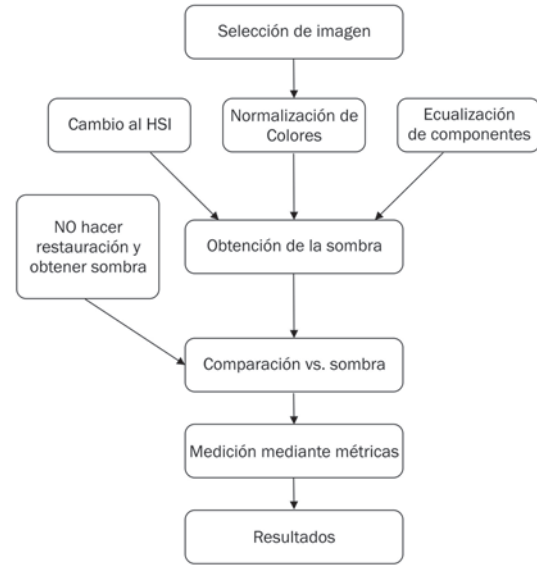


Fig. 4 GRAFICA DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ALGORITMOS DE MEJOR COMPORTAMIENTO RESPECTO A VARIABLE TIEMPO (EN SEGUNDOS)

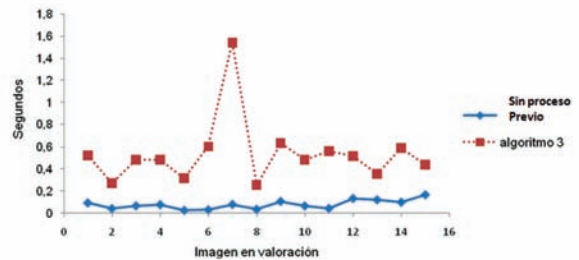
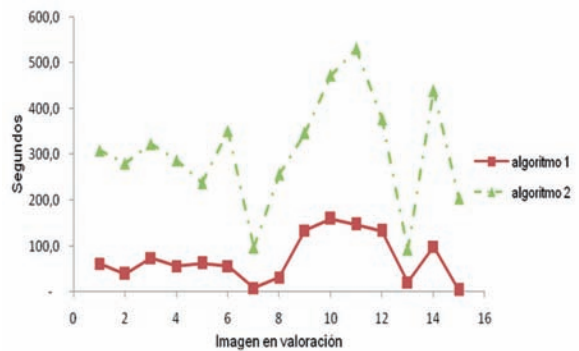


Fig. 5 TIEMPOS DE LOS ALGORITMOS DE MEJOR COMPORTAMIENTO RESPECTO A LA VARIABLE TIEMPO (EN SEGUNDOS)



Es obtenida como valores en la media de la métrica (en segundos) de 0.0794 ± 0.0407 en

el caso de no realizar proceso alguno previo a la obtención de la silueta y los valores de 72.43 ± 51.03 , 306.69 ± 123.24 y 0.53 ± 0.30 , segundos en los algoritmos 1 2 y 3, respectivamente.

Las gráficas del comportamiento en las otras métricas al ser aplicadas en las quince imágenes presentadas en la Figura 2, se ilustra en las Figuras 6 a 8. Fueron obtenidas como valor medio para las métricas los valores registrados en la Tabla IV

Fig. 6 MSE PARA LAS IMÁGENES

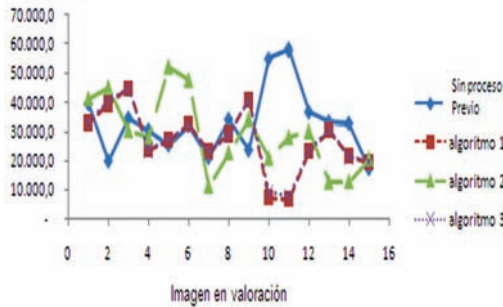


Fig. 7 PSNR

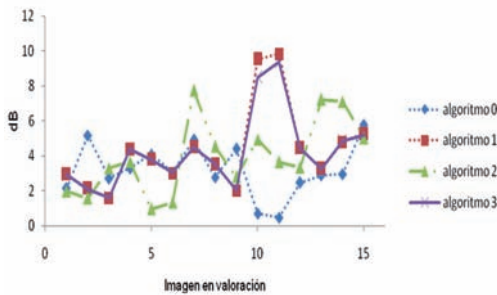


Fig. 8 SSIM

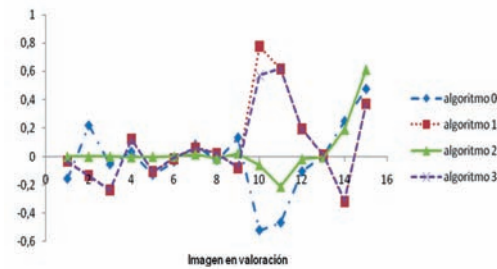


TABLA IV.

VALORES DE LA MEDIA Y LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Algoritmo	MSE	PSNR	SSIM
Algoritmo 0	$32.993,3 \pm 11.711,9$	$3,19 \pm 1,5$	$-0,02 \pm 0,2$
Algoritmo 1	$26.862,0 \pm 10.935,3$	$4,33 \pm 2,4$	$0,08 \pm 0,3$
Algoritmo 2	$29.146,7 \pm 12.998,9$	$3,95 \pm 2,1$	$0,04 \pm 0,18$
Algoritmo 3	$27.070 \pm 10.633,8$	$4,23 \pm 2,19$	$0,07 \pm 0,27$

Acorde con las Figuras 4 a 8 y la Tabla III es posible inferir que el algoritmo basado en la ecualización de componentes es la técnica con mejor comportamiento en la restauración de la información al evaluar la velocidad del proceso, las técnicas de mejor comportamiento en las métricas SSIM, MSE y PSNR son la normalización de la componente Intensidad y la ecualización de las componentes, respectivamente.

Es posible afirmar que la técnica de ecualización de componentes (algoritmo 3) es la de mejor comportamiento en las métricas utilizadas.

En las Figuras 9 a 13 se ilustran los resultados obtenidos en cinco de las imágenes con mayor afectación a causa de la iluminación, en las figuras es posible observar: a) la imagen original, b) la silueta determinada de manera manual, c) la silueta obtenida sin procesamiento previo, d) luego del cambio al espacio de color HSI, normalización de la intensidad. e) luego de la normalización de colores. f) luego de la ecualización de componentes.

CONCLUSIONES

Del trabajo desarrollado en la adecuación de la información previa al procesamiento, depende gran parte del éxito del proceso de análisis desarrollado, sin embargo hay gran cantidad de parámetros a considerar al realizar la adquisición de imágenes.

Una de las opciones considerada es no realizar ningún proceso de adecuación sobre la imagen, es decir, obtener la silueta de las personas presentes en la fotografía directamente, a pesar del ahorro de tiempo, la variación respecto al SSIM es importante y los resultados obtenidos no corresponden a los adecuados para un proceso de análisis o seguimiento del movimiento de la persona. Por otro lado las técnicas basadas en la intensidad arrojaron los mejores comportamientos en todas las métricas (temporales y de comportamiento)

En el caso del presente trabajo de investigación se utilizaron las técnicas relacionadas con el comportamiento espectral presentes en la imagen, pues ellas son independientes del contenido de la imagen, fueron obtenidos resultados altamente favorables para una etapa posterior, correspondiente al análisis del movimiento en entornos en los cuales no es posible tener control de la iluminación.

Fig. 9 RESULTADOS DEL USO DEL ALGORITMO



Fig. 10 RESULTADOS DEL USO DEL ALGORITMO

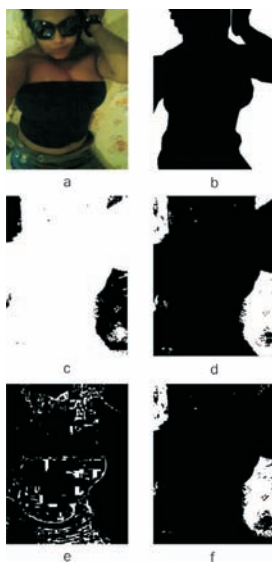


Fig. 11 RESULTADOS DEL USO DEL ALGORITMO

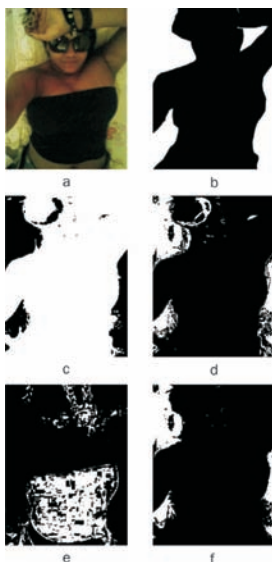
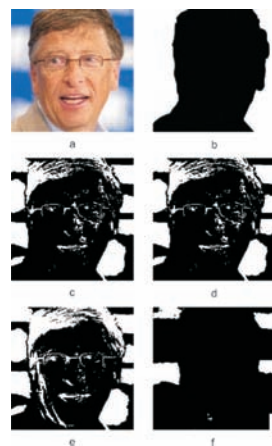


Fig. 12 RESULTADOS DEL USO DEL ALGORITMO



Fig. 13 RESULTADOS DEL USO DEL ALGORITMO



REFERENCIAS

- [1] Bouhamidi A An iterative method for bayesian gauss-markov image restoration. *Applied Mathematical Modelling* 33 (2009) 361-372.
- [2] Makaremi Iman Ahmadi Majid *Blur invariants: a novel representation in the wavelet domain. Pattern recognition* 43 (2010) 3950-3957.
- [3] Sun Shao-jie et al *Blind image deconvolution for single motion blurred image. The journal of China universities of Posts and Telecommunications*. June 2010 17(3) 104-109
- [4] Candes Emmanuel *Compressed sensing makes every pixel counts. Whats happening in the mathematical sciences*. (2011)
- [5] E Ceseracciu et al, "Markless analysis of frontal crawl swimming," *Journal of biomechanics* 44 (2011) 2236-2242

- [6] Caglioti Vincenzo Giusti alessandro. *Recovering ball motion from a single motion-blurred image. Computer vision and image understanding* 113 (2009) 590-597
- [7] Storrington M et al., "Tracking regions of human skin through illumination changes," *Pattern recognition letters* 24 pp. 1715-1723, (2003)
- [8] Shen C et al., "Moving object tracking under varying illuminations conditions," *Pattern recognition letters* 27 pp. 1632-1643, (2006),,
- [9] Ranz J et al, "Algoritmos genéticos aplicados a la segmentación de imágenes con iluminación no controlada," presentado en las jornadas de Automática, Tarragona, 2008 Universidad Complutense de Madrid 1-6
- [10] Nayak A S Chaudhuri, "Automatic illumination correction for scene enhancement and object tracking," *Image and vision computing* 24 (2006) pp. 949-959
- [11] Hampson F JC Pesquet, "Motion estimation in the presence of illumination variations," *Signal processing: Image communication* 16 (2000) 373-381
- [12] Rav-acha A Peleg Schmueel. *Two motion blurred images are better than one. Pattern recognition letters* 26 (2005) 311-317
- [13] Dong Y, Desouza GN *adaptive learning of multi-subspace for foreground detection under illumination changes. Computer vision and image understanding* 115 (2011),,
- [14] Tafazzoli Faezeh, Safabakhsh Reza, *Model-based human gait recognition using leg arm movements. Engineering applications of artificial intelligence* (2010)
- [15] González, R. Woods. *Digital Image Processing using Matlab. Upper Saddle River: Pearson - Prentice Hall, 2004, pp. 954*
- [16] Pajares Martínez, Gonzalo et al., *Visión Por Computador: Imágenes Digitales Y Aplicaciones. México : Alfaomega : Ra-Ma, 2008*
- [17] Oliveira Joao et al., *Adaptive total variation image deblurring. A majorization -minimization approach. Signal Processing* 89 (2009) 1683-1693
- [18] Stauffer Chris Grimson WEL *Adaptive background mixture models for real time tracking. The artificial Intelligence Laboratory MIT, Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (1998)
- [19] Moeslund Thomas et al., *A survey of advances in vision based human motion capture and analysis Computer Vision and Image Understanding* 104 (2006) 90-126
- [20] Abril Mauricio, Valencia Mauricio, et al., *Sistema de visión artificial para el registro de densidad peatonal en tiempo real Scientia et technica, agosto año/vol XIII No. 035* (2007) *Universidad Tecnológica de Pereira* pp. 79-83,,
- [21] Carfagni Monica et al., *Real time machine vision system for monitoring the textile raising process Computers in Industry* 56 (2005) 831-842
- [22] Lu Ye, Li Ze-Nian *Automatic object extraction and reconstruction in active video Pattern Recognition* 41 (2008) 1159-1172
- [23] Rebelo F, Ferreira C, Correia Da Silva K *Síntese de padrões motores de membro superior otimizados para aplicações em design ergonómico VI Congresso Nacional de mecânica aplicada e Computacional* 10 pág. Disponible online <http://home.fmh.utl.pt/~cferreira/pdf/aveiro2000.pdf> en noviembre 2009
- [24] Abi M H et al., "An automated method for analysis of gait data to aid clinical interpretation," presented at Biomedical Engineering (MECBME), 2011 1st. Middle East Conference pp. 119-121
- [25] Lam T et al, "Gait flow image: a silhouette based gait representation for human identification," *Pattern recognition* 44 pp. 973-987, (2011)
- [26] Tzevanidis K A Argyros, "Unsupervised learning of background modeling parameters in multicamera Systems," *Computer vision and Image understanding* 115 (2011) 105-116
- [27] Bae, J M Tomizuka, "Gait phase analysis based on a hidden markov model," *Mechatronics* (2011)
- [28] Agrawal amit Raskar Ramesh *Optimal single image capture for motion deblurring* pp. 1-8, *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (2009)
- [29] Mann Steve *comparametric equations with practical applications in quantigraphic image processing. IEEE transactions on image processing* 9 (8) (2000) 1389-1406
- [30] Cai jian Feng et al., *Blind motion deblurring using multiple images. Journal of computational physics* 228 (2009) 5057-5071
- [31] Sanin Andres et al. *Shadow detection: a survey and comparative evaluation of recent methods. Pattern recognition* 45 (2012) 1684-1695
- [32] Ginesu Giaime et al *A multi factor approach for image quality assessment based on a human visual system model. Signal Processing Image communication* 21 (2006) 316-333
- [33] Zhang xin. Jing xili. *Image denoising in contourlet domain based on a normal inverse gaussian prior. Digital signal processing* 20 (2010) 1439-1446
- [34] Pankjakshan P kumar V *Detail preserving image information restoration guided by SVM based noise mapping. Digital Signal Processing* 17 (2007) 561-577