

Tarea 1. Operaciones básicas en imagen digital

Emmanuel Muñoz Peña, emmanuel111232@estudiantec.cr. Francisco Javier Trujillo Soto, franciscosoto2001.fs@estudiantec.cr.

ÍNDICE

I.	Introducción	1
II.	Metodología	3
III.	Descripción de la solución	3
III-A.	Planteamiento del escenario	3
III-B.	Descripción de las imágenes	3
III-B1.	Primera imagen: Alto contraste	3
III-B2.	Segunda imagen: Bajo contraste, brillo alto	5
III-B3.	Tercera imagen: Bajo contraste, brillo bajo	6
III-B4.	Cuarta imagen: Saturación moderada.	8
III-B5.	Quinta imagen: Muy saturada.	9
IV.	Resultados	11
IV-A.	Objetivo 1	11
IV-A1.	Imagen con alto contraste	11
IV-A2.	Imagen con bajo contraste y brillo alto	11
IV-A3.	Imagen con bajo contraste y brillo bajo	11
IV-A4.	Imagen con saturación media	12
IV-A5.	Imagen con saturación alta	12
IV-B.	Objetivo 2	13
IV-B1.	Imagen con alto contraste	13
IV-B2.	Imagen con bajo contraste y brillo alto	14
IV-B3.	Imagen con bajo contraste y brillo bajo	16
IV-B4.	Imagen con saturación media	17
IV-B5.	Imagen con saturación alta	18
IV-C.	Cumplimiento de ambos objetivos	20
V.	Análisis de resultados	23
VI.	Conclusiones	24
	Referencias	25

Resumen

El presente trabajo se enfoca en la generación de un conjunto de imágenes que representan un entorno industrial, con el objetivo de mejorar su calidad y observar el máximo de detalles posible. Se utilizó la imagen original para convertirla a escala de grises para mejorar la calidad con diferentes métodos o en HSI para utilizar una máscara de binarización y finalmente, sustituir el canal de luminancia con la matriz de grises y generar la imagen final. Se determinó la utilidad de luz difusa para generar imágenes con contraste bajos; además, una imagen con contraste alto ya presenta la mayor cantidad de detalles. Finalmente se concluye que, en imágenes con contraste bajo la aplicación del método stretching permite mejorar el nivel de contraste así como la ecualización mejora la calidad en las imágenes saturadas.

Palabras clave — Histograma, Luminancia, Segmentación, HSI, Brillo, Máscara.

I. INTRODUCCIÓN

Como puede ser visto en lo mencionado por [1], [2] el histograma es una herramienta estadística que permite determinar la frecuencia de cada nivel de color en una imagen; en este caso, se utilizan imágenes en escala de grises haciendo que el histograma sea diferente con respecto a uno de colores. El histograma con escala de grises representa valores para cada uno de los píxeles con un rango de 0 a 255; donde el 0 representa el color negro y el 255 el color blanco, este rango de valores se

representa en el eje horizontal del histograma mientras que el eje vertical corresponde a la frecuencia presente en cada nivel de gris de los píxeles. Con el uso del histograma se puede determinar la cantidad de contraste, brillo y saturación de una imagen.

Con respecto al contraste, [3] menciona que con el uso del histograma de una imagen se pueden obtener los rangos de las regiones claras y oscuras; donde, al realizar una diferencia entre estos valores se puede obtener el nivel de contraste. Ahora, se puede obtener una imagen con contraste alto si su valor de rango dinámico es superior a 0,85 viendo reflejado en su histograma que los valores se encuentran alejados entre sí, mientras que si es un valor inferior ya se considera una imagen con bajo contraste y en su histograma se encuentra un rango en escala de grises con valores muy cercanos entre sí.

Como menciona [1], [2] el brillo corresponde a la cantidad de luz presente en una imagen. El proceso de reflejar la luz en un objeto se rige a partir de la ley de la reflexión. Además, la cantidad de brillo afecta la interacción con el objeto, se debe tomar en cuenta que si se utiliza luz sobre objetos brillantes genera dificultades al observar los detalles ya sea del objeto o del escenario presente.

Según menciona [3], la saturación puede verse reflejada en el histograma de una imagen al tener valores muy altos tanto en la zona clara como en la zona oscura, en términos de escala de gris corresponde a cuando la imagen tiene zonas muy blancas o muy oscuras dificultando la visibilidad ya sea del objeto como del fondo. Retomando el histograma, la saturación tendrá picos de alta frecuencia en los extremos; si es saturación moderada se podrán observar niveles de frecuencia entre los valores centrales, pero si es saturación muy alta casi no tendrá información la zona central puesto que todos los píxeles estarán en la zona clara u oscura.

De acuerdo con [2], la iluminación juega un papel de suma importancia en el momento de la toma de imágenes, la configuración de la iluminación presente en el entorno se debe acorde a las necesidades presentes. Se presentan dos formas de iluminación.

La iluminación frontal corresponde a una configuración tanto del escenario como de la herramienta utilizada para generar la cantidad de luz necesaria donde la luz debe incidir de forma directa sobre el escenario, acorde a las necesidades esta luz puede incidir de forma vertical, horizontal u oblicua. Este tipo de iluminación permite observar mayor detalle sobre las características del objeto presente en el escenario, pero también genera sombras sobre el escenario y puede afectar negativamente en la detección de formas sobre el objeto en cuestión. También, si el objeto es uno brillante la luz va a generar brillos que pueden dificultar la observación de detalles. Utilizar luz difusa es una excelente medida para disminuir la creación de brillo y sombras cuando se utiliza iluminación frontal.

Otra forma de iluminación corresponde a la retroiluminación que consiste en ubicar el método de generación de luz en la parte posterior del escenario con el objeto para obtener el contorno del mismo, como si fuese una sombra. Este método tiene como ventaja que el proceso de segmentación se puede realizar de una forma más sencilla únicamente si son objetos aislados en el escenario. Se debe tomar en cuenta el ángulo proveniente de la iluminación; ya que, las dimensiones de las sombras del objeto generadas por la luz se pueden alterar si la luz no se encuentra completamente perpendicular. Debido a las posiciones de la luz y el escenario se permite detectar malformaciones presentes en los objetos o alguna anomalía.

La reflexión especular es definida por [2] como el proceso donde la luz que entra en la superficie de un objeto es reflejada de manera uniforme en una dirección lejana al objeto haciendo que este aparente un mayor brillo; la superficie debe cumplir la condición de ser lisa.

Mientras que la reflexión difusa se presenta en objetos con una superficie que no sea lisa ya que la luz que entra es reflejada de manera no uniforme haciendo que el objeto se vea opaco debido a la reflexión de la luz

Según [4], el stretching se define como un proceso para obtener un mejor contraste en una imagen de acuerdo a las necesidades planteadas, se realiza por medio de un estiramiento al rango de valores conformado entre los de intensidad mínima y máxima presentes en el histograma. Este método solo se puede realizar en imágenes cuyos valores mínimos y máximos del histograma no hayan alcanzado los valores mínimos y máximos permisibles.

De acuerdo con [1], la ecualización es una operación que se realiza a imágenes que presentan un nivel de contraste bajo, este proceso distribuye los píxeles de modo que la cantidad de luz se encuentre de forma uniforme, modificando así el histograma y aumentando el contraste en la imagen para obtener más detalles de la misma. La ecualización toma el rango de niveles de gris; es decir, de 0 a 255 y los transforma en una variable cuyo rango es de 0 a 1 donde el 0 se mantiene en el color negro, pero el 1 corresponde al color blanco. En ocasiones, este proceso genera un aumento de ruido en el histograma.

Como señala [5], la ecualización adaptativa es un método para modificar los valores en el histograma de una imagen. Permite mejorar el contraste tanto en las regiones claras como en las oscuras al mismo tiempo. Es utilizada cuando la ecualización no permite diferenciar entre las variaciones del contraste presentes en la imagen; por tanto, se debe especificar en su entrada cuáles son los requerimientos específicos que se desean obtener.

Según [1], [2] la segmentación consiste en la separación de objetos con respecto al fondo y se compone de un proceso con varias etapas; primeramente, se toma la imagen original y se divide en regiones para facilitar su análisis, estas secciones

contienen píxeles que comparten características como puede ser el color. Cuando el objeto y el fondo tienen colores diferentes es más sencillo realizar el proceso de segmentación a la imagen. Seguidamente, se debe eliminar el fondo de la imagen lo cual se realiza por medio de tomar la imagen original y restarle la recién obtenida, esto por medio de la resta entre píxeles, como una imagen corresponde a una matriz de píxeles, este proceso consiste en una resta entre matrices. La segmentación brinda una imagen a la salida ya sea de la frontera o de la región completa del objeto según sean las necesidades; por ejemplo, si se ocupan características de la zona externa se presenta la salida como una imagen con el contenido de frontera, pero para obtener datos internos del objeto se utiliza la región completa del mismo, la salida también puede considerar ambos casos. Cuando se utilizan imágenes con niveles de grises, se utiliza una parametrización para especificar cuáles son los datos de interés que conforman el objeto a separar del fondo, esto por medio de valores que son usados como etiquetas para indicar cuáles objetos son de interés y así, diferenciarlos de los que no lo son para aislar los objetos de la imagen.

II. METODOLOGÍA

Se tiene que para un sistema de visión se debe plantear una cierta metodología qué seguir para poder cumplir con las necesidades específicas del proyecto a realizar. En este caso se tienen dos objetivos a cumplir simultáneamente, estos serían: la mejora de la imagen para conseguir la mayor cantidad de detalles y la distinción del objeto del fondo. La metodología utilizada se puede observar en el la figura 1

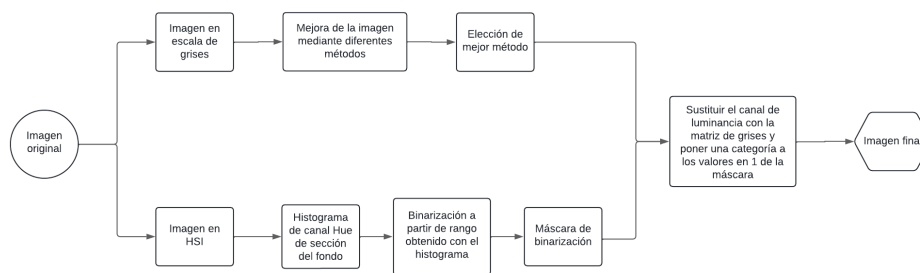


Figura 1: Estructura del sistema de visión a realizar.

III. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

III-A. Planteamiento del escenario

Primeramente, se define como escenario una producción de calculadoras CASIO fx-572LA X movilizadas por una banda transportadora uniforme. En este caso, las calculadoras serán transportadas boca abajo; ya que, se permite observar tamaños y acabados superficiales externos como son los soportes y tornillos de la misma.

III-B. Descripción de las imágenes

Cada imagen debe cumplir condiciones específicas de contraste, saturación y brillo para formar parte del conjunto a utilizar; por tanto, se plantean manipulaciones distintas para cada toma debido a que no se pueden conseguir por manejo de software. Por lo cual, cada imagen, una vez fue tomada, se analizó por medio de sus histogramas para determinar si cumplía o no con las especificaciones indicadas.

Se especificaba que el conjunto de imágenes a analizar debía ser conformado por una imagen de muy alto contraste, una de bajo contraste y alto brillo, una de bajo contraste y bajo brillo, una con saturación media y otra con alta saturación. Para esto, se modificaron parámetros que incluyeron modificaciones en la toma de imágenes, iluminación, tiempo de exposición y sensibilidad del sensor (ISO).

Cabe destacar, que a pesar de que la calculadora es blanca y abarca una gran parte de los píxeles de la imagen, en las imágenes sin saturación no se aprecian picos en 1.0, debido a que el color no es un color puro y siempre, debido a la naturaleza de la toma, se van a tener diferentes tonos, sombras y saturaciones que colaboran a que no se tenga un color blanco puro y haya un pico en 1.0. Asimismo, si existe este pico en las imágenes, se determina que es debido a la saturación debido a reflexiones, como puede observarse en la cuarta y quinta imagen

III-B1. Primera imagen: Alto contraste: Para lograr una imagen con alto contraste se basó en el rango dinámico que corresponde al tamaño máximo que puede tener el contraste, se toma que un valor de 0,85 o mayor ya se considera como alto contraste.

En la figura 2 se tiene la imagen utilizada para la condición de alto contraste, de la misma manera, en la figura 2 se presenta el histograma correspondiente. En este histograma se puede apreciar una intensidad considerable en casi todo el rango de valores,

teniendo valores desde 0.1 hasta 1.0, dando así una diferencia de 0.9, con esto se puede determinar que el contraste de la imagen es alto y no se llega a saturación debido a que en 0.0 y en 1.0 no se aprecian picos considerables que denotarían una gran cantidad de píxeles saturados en negro o blanco, correspondientemente.



Figura 2: Alto contraste.

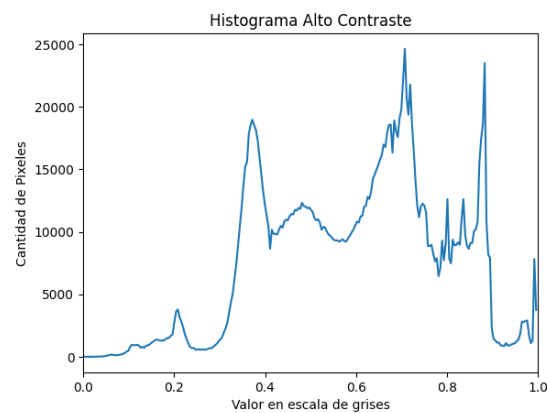


Figura 3: Histograma para imagen en condición de alto contraste.

En este caso, la imagen fue tomada con la iluminación ambiente, la cuál se podría considerar como una iluminación difusa y uniforme y una leve iluminación directa proveniente de la lámpara de apoyo, pero iluminando únicamente un extremo del escenario para crear sombras y generar un contraste alto, la condición de toma de la imagen se puede observar en la figura 4.

Se modificó el tiempo de exposición para las fotos de saturación a un valor de 1/60 de segundo. Además, se utilizó un valor de ISO de 250 el cual permite saber qué tanta luz ingresa a la cámara en el momento de la toma de imagen. En este caso, no se utilizó el flash.



Figura 4: Condiciones de toma para imagen con alto contraste

III-B2. Segunda imagen: Bajo contraste, brillo alto: Se utilizó como referencia el histograma para lograr una imagen con bajo contraste y brillo alto, la diferencia entre el valor máximo y mínimo en la imagen fue un valor pequeño y estos valores se encuentran más cercanos al valor de blanco.

En la Fig. 5 se puede observar la imagen utilizada para la condición de bajo contraste y brillo alto, para esta imagen se tiene el histograma correspondiente presentado en la figura 6, en este se puede analizar como los valores de intensidad van desde 0.7 hasta 1.0, con esto se tiene que la diferencia sería de 0.3, dando un bajo contraste y debido a que estos valores se encuentran en la mitad más alta del histograma, con una mayoría alrededor de 0.9, se puede concluir también que la imagen presenta un brillo alto.



Figura 5: Imagen con bajo contraste y alto brillo.

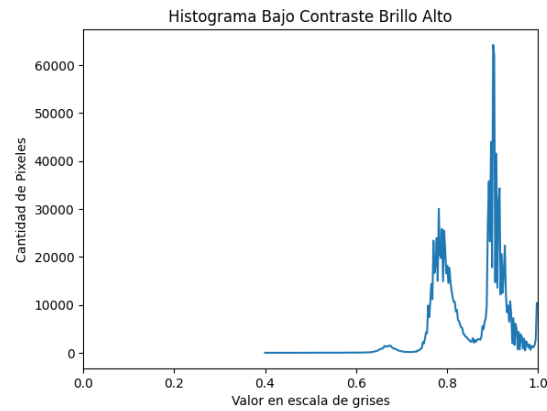


Figura 6: Histograma para imagen en condición de bajo contraste y brillo alto.

Como se observa en la figura 7, para lograr la toma de una imagen con un contraste bajo y con brillo alto se utilizó como herramienta de iluminación una lámpara de luz blanca dando una iluminación directa, asimismo, se buscó aislar el sistema de la luz ambiental y provocar reflexiones de luz mediante el uso de hojas blancas, dando así en una imagen con una gran cantidad de iluminación en diferentes direcciones lo cuál, teóricamente, debería dar una gran cantidad de brillo en la imagen y un contraste bajo, debido a que la intensidad de luz en los diferentes puntos de la imagen sería más uniforme.

Por otra parte, se tiene que la foto fue tomada con un tiempo de exposición de 1/60 de segundos. Además, se utilizó un valor de sensibilidad de sensor de la cámara (ISO) de 100.

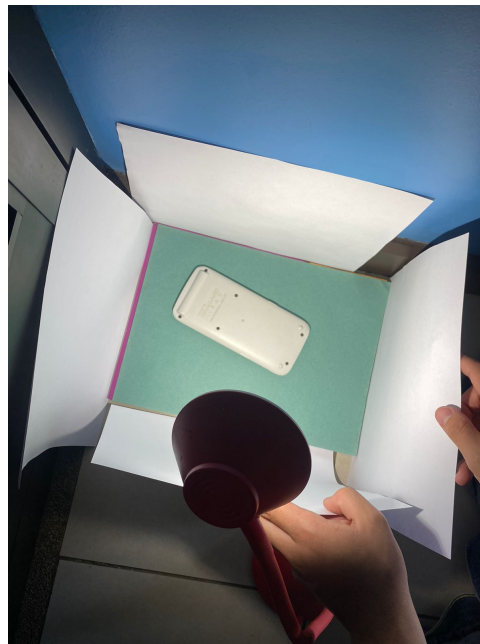


Figura 7: Condiciones de toma para imagen con bajo contraste y alto brillo

III-B3. Tercera imagen: Bajo contraste, brillo bajo: En este caso, para lograr una imagen con bajo contraste y brillo bajo, la diferencia entre el valor máximo y mínimo de la imagen tiene que ser un valor pequeño y estos se deben encontrar más cercanos al valor de negro.

En la figura 8 se observa la imagen utilizada para una condición de bajo contraste y bajo brillo, el histograma correspondiente se encuentra en la figura 9. A partir de un análisis del histograma de esta imagen, se puede observar que los valores de intensidad están principalmente en un rango de 0.1 a 0.5, siendo esta la mitad baja del histograma, asimismo, la diferencia entre estos dos valores es de 0.4, dando así un brillo bajo y un contraste bajo correspondientemente.



Figura 8: Bajo contraste, brillo bajo.

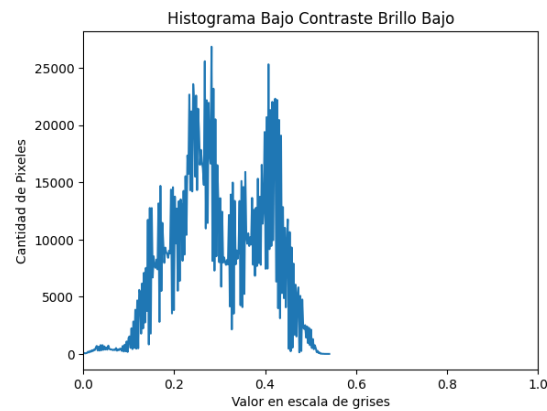


Figura 9: Histograma para imagen en condición de bajo contraste y brillo bajo.

Para lograr un contraste bajo con brillo bajo se utilizó la lámpara apagada y un abrigo el cuál disminuyó la iluminación proveniente del entorno donde se tomaron la imágenes, como se observa en la Fig 10, esto logró que la intensidad de luz en la imagen fuera menor disminuyendo el brillo y debido a que la luz era luz ambiental, se tiene que se iba a tener una iluminación más uniforme, dando así un contraste más bajo.

Se modificó el tiempo de exposición para las fotos de saturación a un valor de $1/30$ de segundo. Además, se utilizó un valor de ISO de 800 el cual permite saber qué tanta luz ingresa a la cámara en el momento de la toma de imagen. En este caso, no se utilizó el flash.



Figura 10: Condiciones de toma para imagen con bajo contraste y bajo brillo

III-B4. Cuarta imagen: Saturación moderada.: Para una imagen con saturación moderada se buscó aumentar la iluminación presente en el escenario. La imagen saturada es cuando la zona clara y oscura tienen valores demasiado altos con respecto a las demás zonas, en el histograma esto se apreciaría como picos en 1.0 o 0.

En la figura 11 se puede observar la imagen en condición de saturación moderada, correspondientemente se muestra el histograma en la figura 12 en donde se puede apreciar un pico considerable en los valores de 1.0, sin embargo, aún conservando información en la imagen, como se puede observar en el histograma, se pueden ver los picos cercanos a 0 correspondientes a tornillos y sombras o los lóbulos del fondo y el objeto. Tomando esto se puede concluir la saturación moderada de la imagen.



Figura 11: Saturación moderada.

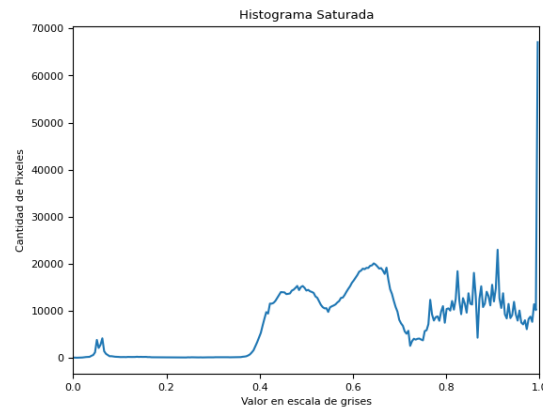


Figura 12: Histograma para imagen en condición de saturación moderada.

Para lograr que la imagen del escenario tuviese una saturación moderada se procedió a tomar la imagen en horas de la noche para lograr un entorno oscuro; también, se utilizó una lámpara para generar la parte más clara obteniendo altos valores de blanco a la derecha y valores de negro por la parte contraria debido a la sombra generada. En este caso, se tuvieron que hacer diversas pruebas ya que el objeto presente en el escenario es muy delgado; por tanto, según sea la inclinación de la lámpara va a generar o no sombras en el escenario.

Se modificó el tiempo de exposición para las fotos de saturación a un valor de 1/25 de segundo, este valor, significativamente más alto que los demás, captaría luz durante más tiempo, dando así una mayor saturación de la imagen. Además, se utilizó un valor de ISO de 80 el cual permite saber qué tanta luz ingresa a la cámara en el momento de la toma de imagen, este valor se mantuvo bajo debido a que se buscaba saturar debido a las reflexiones de la calculadora y que no se saturaran las sombras. En este caso, no se utilizó el flash. Se puede apreciar la toma de esta imagen en la figura 13.



Figura 13: Condiciones de toma para imagen con saturación moderada

III-B5. Quinta imagen: Muy saturada. Para una imagen muy saturada se buscó una iluminación mayor con respecto a la saturada moderada. Una imagen muy saturada es cuando mayoritariamente todos los píxeles presentes en el histograma son valores muy cercanos a blanco o a negro, perdiendo gran cantidad de la información de la imagen.

En la figura 14 se puede apreciar la imagen en condición de saturación alta y en la figura 15 se aprecia el histograma correspondiente, en donde se observa un mayor pico en los valores de blanco en comparación con lo visto en la figura 11, asimismo, se denota que los valores ya no llegan a menos de 0.5 y visualmente, se puede denotar una gran pérdida de información en la imagen, concluyendo en una saturación alta para la imagen.



Figura 14: Imagen en condición de saturación alta.

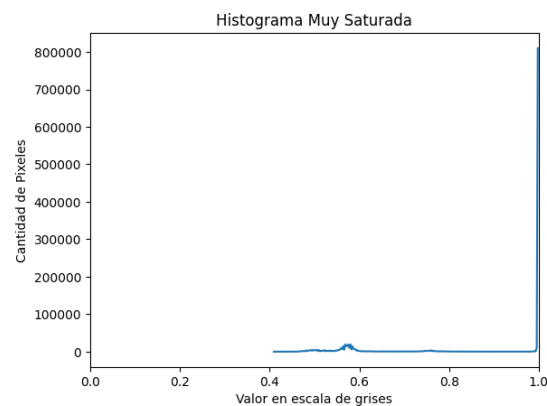


Figura 15: Histograma para imagen en condición de saturación alta.

Con respecto a la imagen muy saturada, nuevamente se tomó la imagen de noche con ayuda de una lámpara que diera una iluminación directa; en este caso, se mantuvo la nivelación de la lámpara con respecto a la imagen saturada moderada.

Se modificó el tiempo de exposición para las fotos de saturación a un valor de 0,5 segundos para así poder tener una mayor exposición a la luz y por ende una mayor saturación con respecto a la anterior imagen. Además, se utilizó ISO50 el cual permite saber qué tanta luz ingresa a la cámara en el momento de la toma de imagen. En este caso, no se utilizó el flash. Las condiciones de toma de imagen pueden ser observadas en la figura 16.



Figura 16: Condiciones de toma para imagen con saturación

IV. RESULTADOS

En esta sección se establecerán los resultados obtenidos para los objetivos establecidos en la definición del proyecto. El primer objetivo consiste en la mejora de la imagen para conseguir la mayor cantidad de detalles del escenario completo, se denota que para este objetivo debido a la falta de detalles en el fondo, se busca poder obtener la mayor cantidad de detalles del objeto como tal y para el segundo objetivo se busca distinguir todos los objetos del fondo, con una misma categoría.

IV-A. Objetivo 1

En este objetivo se buscó tener la mayor cantidad de detalles posibles en la imagen, se tiene que en este caso, se define el criterio de buena imagen como una imagen con un buen contraste, teniendo así un mejor rango dinámico en la imagen, con esto se podrían tomar acciones y decisiones para una segmentación basada en contraste. Asimismo, cabe destacar que el pasar una imagen de RGB a una imagen en escala de grises es, esencialmente, lo mismo que aislar el canal de iluminación en el modelo de color HSI, esto tendrá mayor relevancia en el objetivo 2.

Teniendo esto, se procedió a pasar cada una de las imágenes originales a escala de grises y a partir de esto se determinaron los histogramas presentados anteriormente, después de esto se procedió a analizar los efectos de realizar 3 tipos de tratamientos de contraste basados en el histograma y elegir el que mejor se acople a las necesidades de cada imagen para lograr la mayor cantidad de detalles en cada una. Estos tratamientos fueron: el estiramiento o "stretching" de histogramas, el cual según lo visto en [?] se basa en una expansión lineal y es esencialmente útil para imágenes con bajo contraste, por otro lado, se tiene la ecualización, la cuál [?] consiste en la mejora del contraste mediante la distribución de la luminancia, sin embargo, menciona que esta puede aumentar el ruido y por último, se tiene la ecualización adaptativa, la cuál se adapta a las características locales de las imágenes. Los últimos dos, se tiene que son útiles para el tratamiento de imágenes con saturación.

IV-A1. Imagen con alto contraste: Se tiene que esta imagen presenta un amplio rango dinámico de valores en el histograma, como pudo ser visto en la figura 3. Por lo cual, debido a la correcta toma de la imagen y la amplitud del histograma, se tiene que no se realizó ningún tipo de corrección de contraste o ecualización a la imagen, debido a que, como tal, por definición, esta sería la imagen con la mayor cantidad de detalles a obtener mediante la toma dada.

IV-A2. Imagen con bajo contraste y brillo alto: Para esta imagen, como se definió anteriormente, se tiene un bajo contraste, para esto se realizaron las correcciones de histograma mostradas en la figura 17, de estas se puede observar que la que conserva mejor la forma e información de la imagen es la corrección mediante estiramiento del histograma.

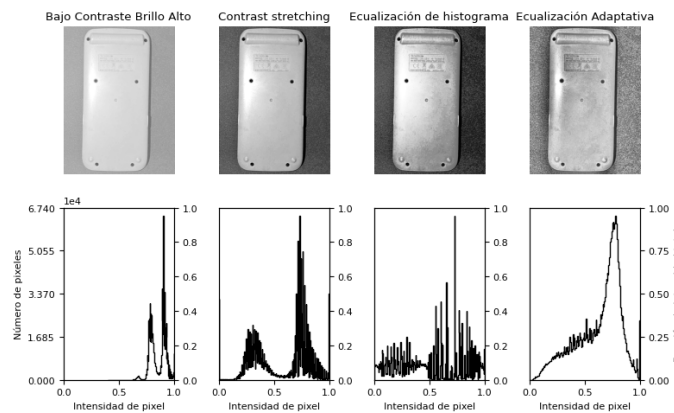


Figura 17: Comparación entre diferentes tipos de mejora de contraste basadas en el histograma de luminancia para imagen con bajo contraste y alto brillo.

IV-A3. Imagen con bajo contraste y brillo bajo: En este caso, al igual que la imagen con brillo alto, se tiene un bajo contraste y luego de realizar las correcciones mostradas en la figura 18 se elige la corrección mediante estiramiento, al ser esta la que mejor conserva las características e información de la imagen original.

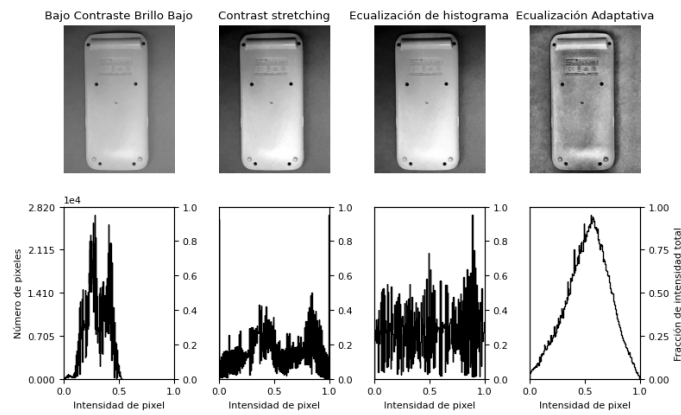


Figura 18: Comparación entre diferentes tipos de mejora de contraste basadas en el histograma de luminancia para imagen con bajo contraste y brillo bajo.

IV-A4. Imagen con saturación media: Seguidamente, para la imagen con saturación media, se puede observar en la figura 19 que la mejor corrección obtenida fue la realizada mediante ecualización adaptativa, con esta se logró reducir la saturación en la imagen y obtener un histograma con lóbulos similares a los vistos en la imagen original, pero con un mejor contraste, por lo cuál se elige esta corrección.

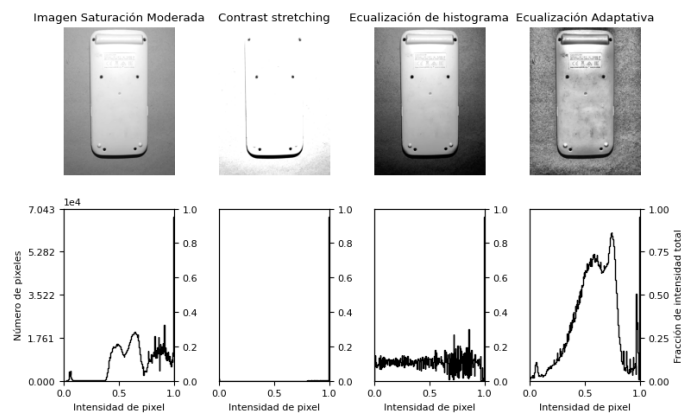


Figura 19: Comparación entre diferentes tipos de mejora de contraste basadas en el histograma de luminancia para imagen con saturación moderada.

IV-A5. Imagen con saturación alta: Por último, se tiene la imagen con saturación alta, se puede observar en la imagen original que gran parte de la información fue perdida debido a la saturación de la imagen. Asimismo, se tiene que como puede ser observado en 20 debido a la alta saturación en la imagen, ninguna de las correcciones logró aumentar la cantidad de detalles ni rescatar información de la imagen.

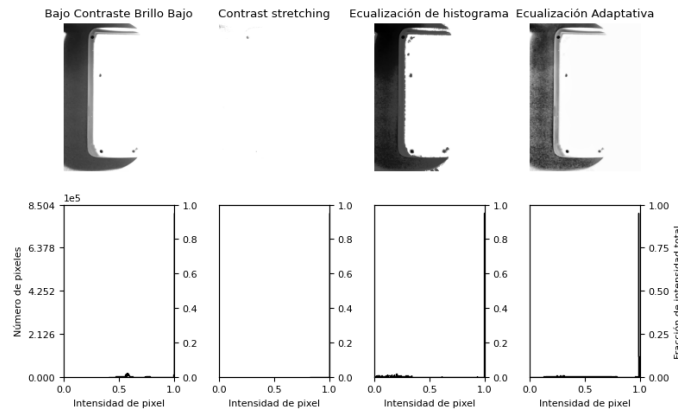


Figura 20: Comparación entre diferentes tipos de mejora de contraste basadas en el histograma de luminancia para imagen con saturación alta.

IV-B. Objetivo 2

Según lo establecido en la parametrización del proyecto, se pide que el segundo objetivo a cumplir sea la distinción del objeto mediante una misma categoría con respecto al fondo. En este caso se observa que esto se refiere a un problema de segmentación de la imagen, debido a la toma de la imagen mediante el uso de un fondo verde con un objeto blanco, se denota que una de los acercamientos más efectivos sería mediante el uso del concepto de color, debido a que se puede realizar una umbralización basándose en la diferencia de tono entre el fondo y el objeto tomando la imagen en HSI. Ante esto, se realizó una segmentación mediante el uso de umbralizaciones y umbralizaciones adaptativas en el canal de tono de la imagen transformada a HSI para lograr obtener una máscara que clasificara efectivamente el objeto (la calculadora).

Todas las imágenes tuvieron el mismo proceso de segmentación, primeramente, se convirtió la imagen de RGB a HSI y se obtuvo la matriz de tono, consiguientemente, se realizó la graficación del histograma de una sección de la imagen, a partir de este histograma se determinó el umbral para cada una de las binarizaciones y luego de realizar la binarización de la imágenes se encuentra que la máscara tenía pequeños detalles como un error en donde se aprecia el cuadrado negro usado para el histograma localizado o bordes con irregularidades, sin embargo esto se corrige cuando se realiza el suavizado de los bordes de la máscara a partir de una umbralización adaptativa mediante el método de utilizar la mediana de los píxeles vecinos.

IV-B1. Imagen con alto contraste: La sección de imagen utilizada y el histograma pueden apreciarse en las figuras 21 y 22 correspondientemente. A partir de esto se denotó que el fondo tenía un tonos en el rango de 0.4 a 0.55, definiendo así el umbral para la binarización. Una vez obtenido este umbral se realizó la binarización de la imagen obteniendo la máscara mostrada en la figura 23 y con un bloque de 31 píxeles para la umbralización adaptativa se logró la máscara mostrada en la figura 24

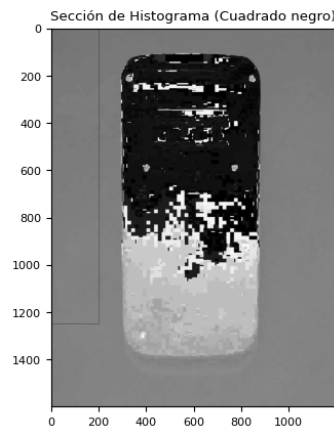


Figura 21: Sección de imagen utilizada para histograma, representado en cuadro negro.

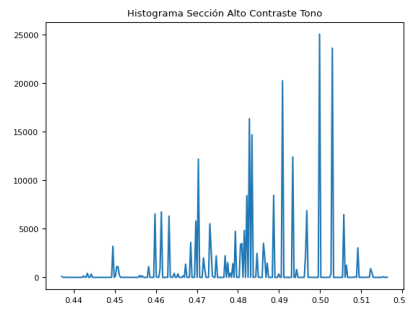


Figura 22: Histograma de sección de imagen mostrada en figura 21.

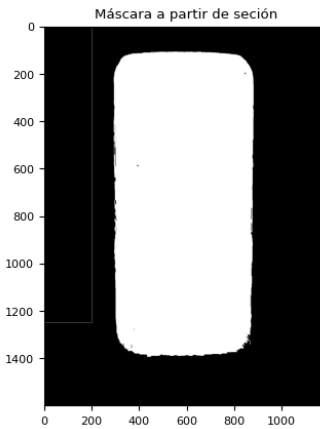


Figura 23: Máscara a partir de umbralización de sección para imagen de Alto Contraste.

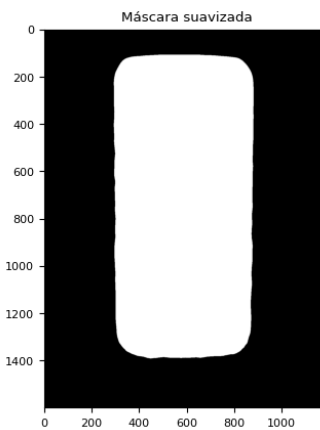


Figura 24: Suavizado de máscara mostrada en 23 mediante umbralización adaptativa.

IV-B2. Imagen con bajo contraste y brillo alto: La sección de imagen utilizada y el histograma pueden apreciarse en las figuras 25 y 26 correspondientemente. A partir de esto se denotó que el fondo tenía un tonos en el rango de 0.3 a 0.53, definiendo así el umbral para la binarización. Una vez obtenido este umbral se realizó la binarización de la imagen obteniendo la máscara mostrada en la figura 27 y con un bloque de 25 píxeles para la umbralización adaptativa se logró la máscara mostrada en la figura 28

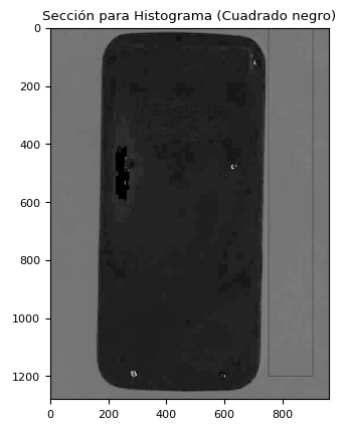


Figura 25: Sección de imagen utilizada para histograma, representado en cuadro negro.

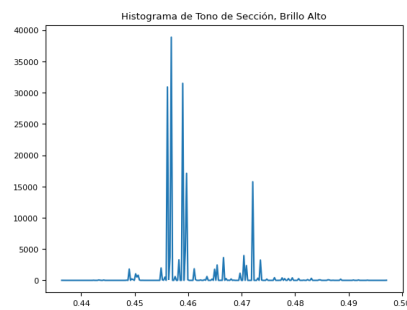


Figura 26: Histograma de sección de imagen mostrada en figura 25.

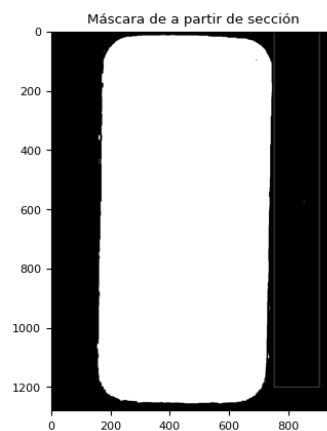


Figura 27: Máscara a partir de umbralización de sección para imagen con bajo contraste y brillo alto.

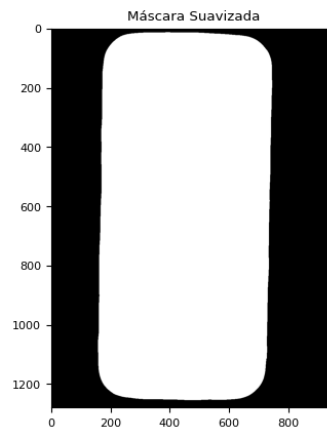


Figura 28: Suavizado de máscara mostrada en 27 mediante umbralización adaptativa.

IV-B3. Imagen con bajo contraste y brillo bajo: La sección de imagen utilizada y el histograma pueden apreciarse en las figuras 29 y 30 correspondientemente. A partir de esto se denotó que el fondo tenía un tonos en el rango de 0.44 a 0.5, definiendo así el umbral para la binarización. Una vez obtenido este umbral se realizó la binarización de la imagen obteniendo la máscara mostrada en la figura 31 y con un bloque de 51 píxeles para la umbralización adaptativa se logró la máscara mostrada en la figura 32

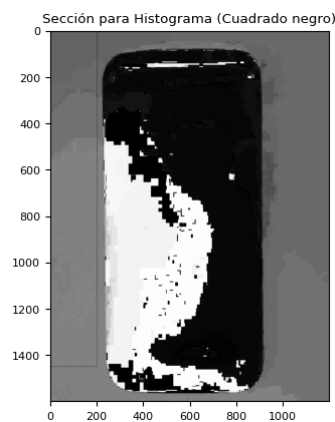


Figura 29: Sección de imagen utilizada para histograma, representado en cuadro negro.

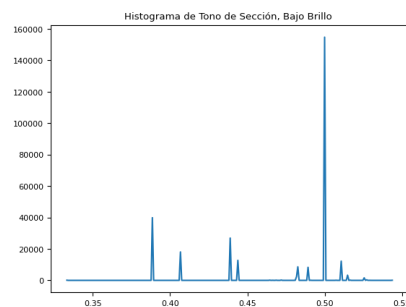


Figura 30: Histograma de sección de imagen mostrada en figura 29.

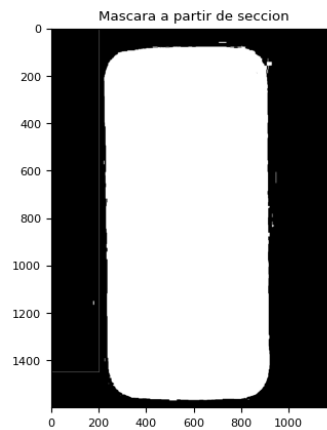


Figura 31: Máscara a partir de umbralización de sección para imagen con bajo contraste y brillo alto.

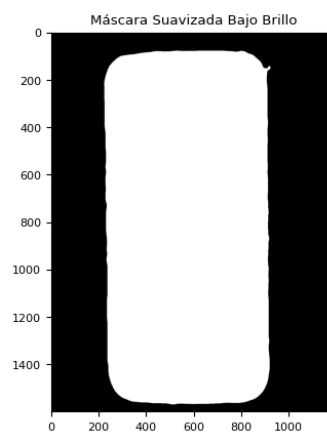


Figura 32: Suavizado de máscara mostrada en 31 mediante umbralización adaptativa.

IV-B4. Imagen con saturación media: La sección de imagen utilizada y el histograma pueden apreciarse en las figuras 33 y 34 correspondientemente. A partir de esto se denotó que el fondo tenía un tonos en el rango de 0.3 a 0.5, definiendo así el umbral para la binarización. Una vez obtenido este umbral se realizó la binarización de la imagen obteniendo la máscara mostrada en la figura 35 y con un bloque de 51 píxeles para la umbralización adaptativa se logró la máscara mostrada en la figura 36

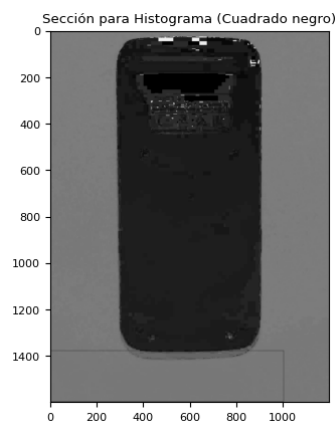


Figura 33: Sección de imagen utilizada para histograma, representado en cuadro negro.

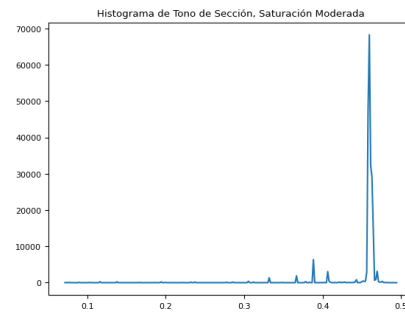


Figura 34: Histograma de sección de imagen mostrada en figura 33.

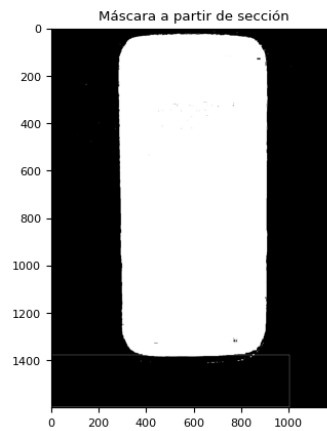


Figura 35: Máscara a partir de umbralización de sección para imagen con bajo contraste y brillo alto.

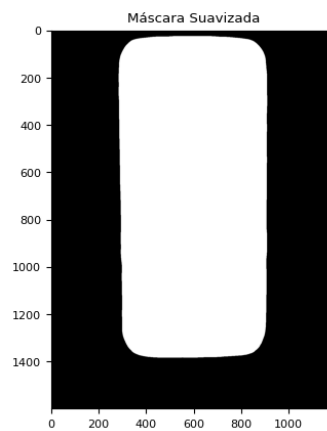


Figura 36: Suavizado de máscara mostrada en 35 mediante umbralización adaptativa.

IV-B5. Imagen con saturación alta: La sección de imagen utilizada y el histograma pueden apreciarse en las figuras 37 y 38 correspondientemente. A partir de esto se denotó que el fondo tenía un tonos en el rango de 0.2 a 0.55, definiendo así el umbral para la binarización. Una vez obtenido este umbral se realizó la binarización de la imagen obteniendo la máscara mostrada en la figura 39 y con un bloque de 51 píxeles para la umbralización adaptativa se logró la máscara mostrada en la figura 40

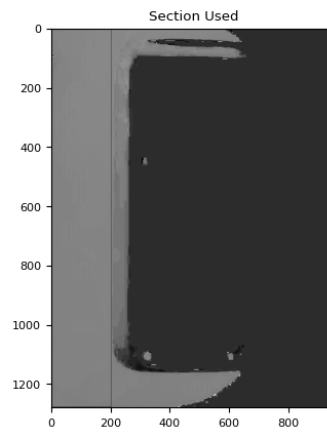


Figura 37: Sección de imagen utilizada para histograma, representado en cuadro negro.

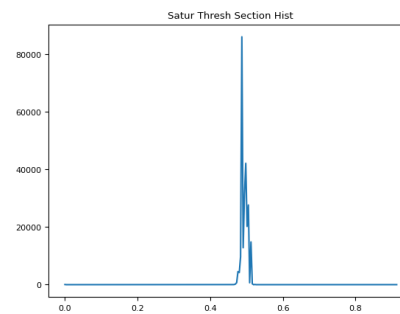


Figura 38: Histograma de sección de imagen mostrada en figura 37.

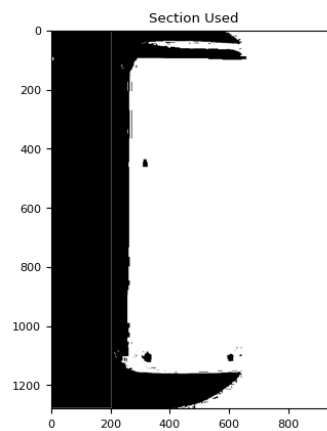


Figura 39: Máscara a partir de umbralización de sección para imagen con bajo contraste y brillo alto.

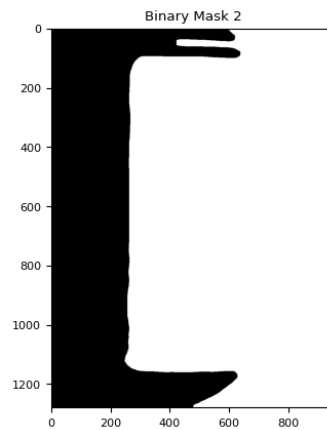


Figura 40: Suavizado de máscara mostrada en 39 mediante umbralización adaptativa.

IV-C. Cumplimiento de ambos objetivos

Consiguientemente, se presentan los resultados finales, como se mencionó anteriormente trabajar una imagen en escala de grises es lo mismo que trabajar con la luminancia de la imagen en el modelo de color HSI. Por lo tanto, para cumplir con ambos objetivos mostrados se realizó la combinación de las mejoras de contraste con la imagen en HSI utilizada para la segmentación, cambiando la matriz I'' de luminancia por la matriz en escala de grises utilizada cuando se realizó la mejora de contraste y luego, se devolvió esta imagen a RGB para poder realizar la apreciación de los resultados de la segmentación. A partir de esto, se realizó la segmentación asignando un valor a partir de la máscara al objeto, esto se puede representar mediante la coloración en rojo del objeto en cada una de las imágenes con las funciones de *label* y *label2rgb* de la biblioteca Skimage. Estos resultados se muestran en las figuras

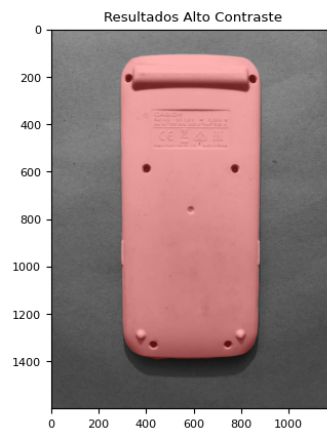


Figura 41: Resultados de segmentación y mejora de contraste para imagen con alto contraste

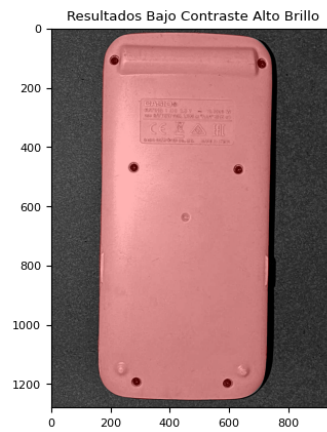


Figura 42: Resultados de segmentación y mejora de contraste para imagen con bajo contraste y alto brillo

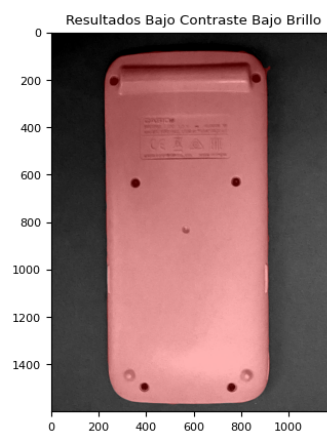


Figura 43: Resultados de segmentación y mejora de contraste para imagen con bajo contraste y bajo brillo

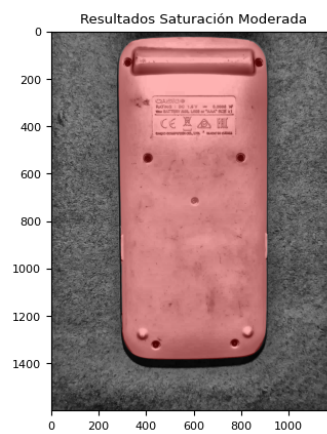


Figura 44: Resultados de segmentación y mejora de contraste para imagen con saturación moderada

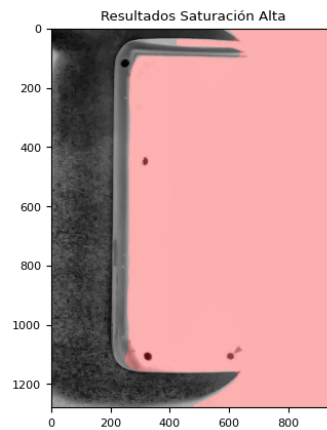


Figura 45: Resultados de segmentación y mejora de contraste para imagen con saturación Alta

Asimismo, se incluyen los histogramas de la intensidad de estas imágenes luego de ser corregidas por el método correspondiente elegido. Cabe destacar que debido a que no se hizo una corrección del histograma de la imagen de alto contraste, por lo cuál su histograma sería el mismo presentando en la figura 3.

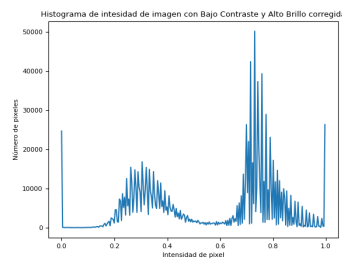


Figura 46: Resultados de mejora de contraste para imagen con bajo contraste y alto brillo mediante stretching

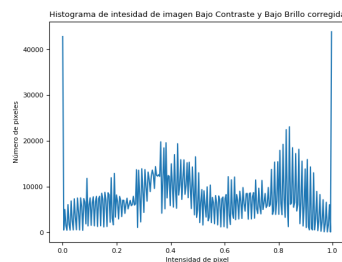


Figura 47: Resultados de mejora de contraste para imagen con bajo contraste y bajo brillo mediante stretching

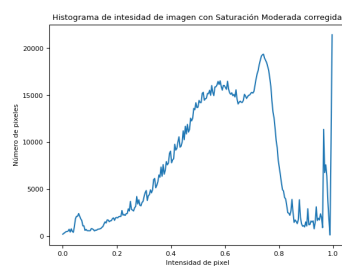


Figura 48: Resultados de mejora de saturación para imagen con saturación moderada mediante ecualización adaptativa.

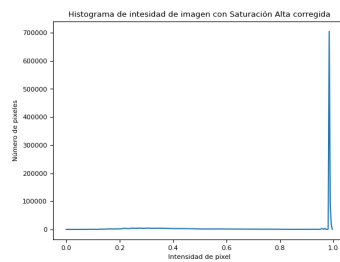


Figura 49: Resultados de mejora de saturación para imagen con saturación Alta mediante ecualización adaptativa

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La etapa inicial de la realización del proyecto fue la toma de imágenes, para esto se tuvo que tener en consideración la afectación de los diferentes tipos de iluminación, los tiempos de exposición y sensibilidad en la toma de imagen, así como sus efectos en el histograma de luminancia. Se pudo observar que al tener luces difusas como la ambiental, se logran menores contrastes y la utilización de iluminación directa conlleva la generación de sombras y mayores contrastes. Asimismo, se tiene que se puede aumentar el brillo de la imagen de diferentes formas, entre estas se puede modificar la sensibilidad del sensor de la cámara mediante el valor ISO que conforme sea mayor, mayor va a ser la sensibilidad ante la luz. De la misma forma, se pueden generar reflexiones en el escenario, como pudo ser visto, mediante la utilización de hojas blancas que reflejen la luz blanca de la lámpara, generando un tipo de campo brillantez aumentando el brillo con un bajo contraste. Por último, se encuentra la afectación del tiempo de exposición, el cuál fue esencial para la saturación de las imágenes al poder mantener el sensor expuesto durante más tiempo a la luz.

Tomando lo anterior en cuenta, se determinó que las condiciones de contraste, brillo y saturación, en este contexto, se basan en factores referentes a la luminancia en la imagen, por lo tanto, es lógica la conclusión de que para una mejora de la imagen se requiere una mejora del canal de intensidad de la imagen, siendo este el relacionado a la luminancia y no afectar el color de la imagen como tal. Con esto, cada una de las imágenes fue convertida a escala de grises, que consistiría en un promedio de cada uno de los canales en el modelo de color RGB, dando así el esquema de iluminación. A partir de este histograma de intensidad de píxel se tomaron las decisiones correspondientes a la mejora de la imagen para la mayor obtención de detalles, o sea, el primer objetivo planteado.

El primer objetivo se logró mediante la mejora de contraste en cada una de las imágenes con el uso de ecualizaciones del histograma, específicamente, mediante el uso de estiramiento o *stretching* para las imágenes de bajo contraste y ecualización adaptativa para las imágenes saturadas. La decisión de la mejor corrección de histograma se basó en la mejora del contraste en las imágenes y el análisis de la conservación de la forma y lóbulos de histograma observados en la imagen original.

A pesar de que el histograma como tal, no presenta datos de la posición de cada uno de los píxeles en la imagen, se pudo observar que en cada una de las imágenes los lóbulos dados correspondían a información de los objetos o fondo en la imagen. Esto se debía al escenario planteado; en el cuál, tomando en cuenta que el proceso para la determinación de la luminancia se basa en el promedio de los valores del modelo de color RGB, se tiene que el fondo por la visible abundancia en colores verdes y azules presentaría un lóbulo en el histograma y debido a que la calculadora, primordialmente, es blanca representaría otro lóbulo con mayor luminancia y por último, sombras o tornillos que son colores más oscuros, se podrían dar como un lóbulo separado con menor luminancia que los anteriores. Cabe destacar, que como pudo ser visto comparando el histograma de la figura 3 con el presentado en la figura 9 o con la figura 15, estas separaciones pueden ser afectadas debido a bajos contrastes o saturaciones en las imágenes, donde los colores de fondo y el objeto llegan a tener una similitud visible en el histograma, dificultando así consiguientes procesos de segmentación u obtención de otros detalles en la imagen.

De esta forma, se tuvo que para el primer objetivo la imagen con contraste alto ya presentaba la mayor cantidad de detalles posibles, por lo que no se realizaron cambios de iluminación en esta, para las imágenes con bajo contraste se tuvo que la corrección mediante estiramiento fue la más adecuada, para la imagen con saturación moderada la ecualización adaptativa fue la que presentó mejores resultados y para la imagen con saturación alta ninguna de las técnicas fue exitosa debido a la gran pérdida de información que supone la saturación excesiva de la imagen.

La distinción de un objeto con respecto al fondo es un problema vinculado con la segmentación de una imagen. Una de las maneras clásicas de segmentar una imagen es mediante métodos de umbralización, en donde a cierta región del histograma se le asigna un valor específico y a otra región otro. En este caso, se optó por la creación de máscaras para cada imagen basadas en la binarización del canal de tono de la imagen transformada al modelo de color HSI. Esta decisión se tomó debido a la marcada diferencia entre el tono de la calculadora y el tono del fondo, teniendo así que al realizar el histograma de una sección amplia del fondo, se podría observar el rango de tonos que abarca este y tomar este rango como el rango a enviar a negro en la binarización. A partir de esto se realizó la binarización obteniendo los valores de rangos de tonos mostrados en la tabla I

Cuadro I: Rangos de valores de tonos utilizados para umbralización de imágenes

Imagen	Rango de tonos de fondo (Valores de 0 a 1)
Imagen con Alto Contraste	0.4 a 0.55
Imagen Bajo Contraste con Brillo Bajo	0.3 a 0.53
Imagen Bajo Contraste con Brillo Alto	0.44 a 0.5
Imagen con Saturación Moderada	0.3 a 0.5
Imagen con Saturación Alta	0.2 a 0.55

Consiguientemente, se tiene que como pudo ser observado en las figuras 23,27,31,35 y 39, se tienen muchas irregularidades en los bordes y algunas imperfecciones en las diferentes máscaras, debido a esto se realizó una umbralización adaptativa para cada máscara, tomando que para cada pixel se toma la mediana de sus píxeles aledaños y se le asigna este color al pixel. Con esto se logró eliminar las imperfecciones en la máscara y suavizar los bordes, teniendo una delimitación más precisa de los bordes. Cabe destacar que para este objetivo, de nuevo, la imagen muy saturada no es útil ya que, por la saturación excesiva que presenta pierde información de los bordes de la calculadora y se une con el fondo, debido a esto no se puede realizar la segmentación de la imagen, se intentó realizar una, pero como se puede ver en la figura 49 esta no fue exitosa.

La última consideración tomada fue que ambos objetivos debían ser cumplidos al mismo tiempo, debido a esto se juntó la corrección realizada en el objetivo 1 con la imagen en HSI utilizada para el objetivo 2, sustituyendo el último canal, que sería el de luminancia. Con esto, se devolvieron las imágenes a RGB y se mostraron los resultados mediante la clasificación de la calculadora en cada imagen mediante el uso del color rojo.

Entre el análisis realizado, se recalca la importancia de identificar las necesidades del proyecto que se realice y la importancia de una buena imagen para cumplir con estas mismas necesidades. Se tiene que los procesos computacionales realizados conllevan más tiempo del que sería permitido en un ambiente industrial donde se tenga el análisis e identificación de un objeto con mayor frecuencia. Debido a esto, se puede observar que se deben tomar las medidas para obtener una imagen útil para el contexto de aplicación y disminuir el coste computacional. En este caso, por ejemplo, la toma de una imagen con una excesiva saturación conllevó que no fuera posible su post-procesado, sin embargo, la imagen con un contraste alto y sin saturación no necesitó un post-procesado para la obtención de la mayor cantidad de detalles posibles ahorrando enormemente el coste computacional requerido. Se puede resaltar también que estas diferentes situaciones de bajo contraste o alta saturación no son intrínsecamente malas y se debe determinar la aplicación para identificar la necesidad de una u otra, por ejemplo, una saturación de una imagen podría hacer más fácil el proceso de segmentación en otro contexto.

Asimismo, se denota la importancia de evaluar el escenario para la toma, en este caso la utilización de un fondo que tuviera, principalmente, tonos de azul y verde y un objeto blanco lograría una diferenciación sencilla en el histograma de tono y por ende una umbralización de menor complejidad.

Como pudo ser observado, se lograron los objetivos planteados para la elaboración del proyecto, los cuales consistían en la obtención de la mayor cantidad de detalles en la imagen, conseguido mediante la mejora de contraste y ecualización de los histogramas en cada imagen y por otro lado, la distinción del objeto con respecto al fondo, la cuál se consiguió mediante una segmentación basada en la diferencia de tono en HSI entre el fondo y el objeto y el suavizado de las máscaras mediante una umbralización adaptativa utilizada en la máscara, tomando en cuenta que para la imagen con saturación alta, ninguna de las tareas fue posible debido a la pérdida de información en la imagen.

VI. CONCLUSIONES

- Por tanto, se deduce que para la obtención de imágenes con niveles de contraste bajos es útil la utilización de fuentes de luz difusa. Por el contrario, para obtener un nivel de contraste mayor, donde se aprecien sombras y un rango dinámico mayor en el escenario, es útil la iluminación directa debido a las reflexiones especulares. Asimismo, debe considerarse que gran cantidad de energía lumínica entrando al sensor de la cámara puede conllevar saturaciones en la imagen, esto puede deberse a reflexiones especulares, sensibilidad alta o largo tiempo de exposición. Cabe resaltar la importancia de una selección adecuada de fuentes de iluminación para la toma de imágenes según sean los requisitos.
- Se tiene que para el objetivo de obtener la mayor cantidad de detalles en una imagen fue imprescindible optimizar el canal de intensidad basándose en el contraste y forma del histograma, el cuál está directamente relacionado con la luminancia; de esta forma, no se afecta el color de la imagen.
- Se determinó que para lograr el primer objetivo las técnicas de ecualización en imágenes saturadas y stretching en imágenes con bajo contraste implementaron mejoras en el contraste de las imágenes y en la saturación, respectivamente.

Es importante resaltar que los colores del fondo y del objeto pueden presentar similitudes o diferencias visibles en el histograma dificultando o facilitando la segmentación posterior para obtener los detalles presentes en cada imagen implicando en una complejidad mayor para el proceso de análisis de imágenes. En este caso, la diferencia de colores presentados en las imágenes usadas, fueron de gran ayuda para la segmentación posterior.

- En última instancia, es fundamental comprender las necesidades de un proyecto y asegurar una adquisición de imágenes adecuada para satisfacer cada requisito. Es importante destacar que los procesos computacionales utilizados pueden requerir más tiempo en entornos industriales, donde se necesita un análisis y una identificación continuos de objetos. Al considerar el tipo de imagen necesaria, es posible minimizar el costo computacional. Por ejemplo, una imagen con alta saturación puede dificultar el post-procesamiento, mientras que una imagen con alto contraste y baja saturación no requiere procesamiento adicional para obtener detalles, en este contexto. También es fundamental evaluar cuidadosamente el entorno de captura de imágenes según las necesidades específicas del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] A. González. et al. (2006). "Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial". Primera edición. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones.
- [2] K. Demagdi. et al. (2012). "Practical Computer Vision with SimpleCV". First release. O'Reilly Media, Inc.
- [3] J. Crespo. (2024). "Tema 6: Variables y Operadores Básicos de Visión". Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- [4] P. Civicioglu and E. Besdok. "Expert Systems with Applications", vol. 208, december 2022. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417422013276>
- [5] B. Kang. et al. "Image and Vision Computing", vol. 29, issue 8, pp. 557-568, july 2011. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026288561100045X>

ANEXOS

```

1
2 #Se importan las librerías necesarias
3
4 from skimage import io, exposure, color
5 import skimage
6 import matplotlib.pyplot as plt
7 import numpy as np
8 import matplotlib
9 import math
10 import scipy.ndimage as ndi
11
12 #Se cargan las imágenes tomadas
13 img_AltoContraste= io.imread(r"C:\Users\emman\Documents\TEC\Sistemas de Visi n\Primera Tarea\Alto
    Contraste.jpg")
14 img_BCBrilloAlto= io.imread(r"C:\Users\emman\Documents\TEC\Sistemas de Visi n\Primera Tarea\Bajo Contraste
    Brillo Alto.jpg")
15 img_BCBrilloBajo= io.imread(r"C:\Users\emman\Documents\TEC\Sistemas de Visi n\Primera Tarea\Bajo contraste
    .jpg")
16 img_Saturado= io.imread(r"C:\Users\emman\Documents\TEC\Sistemas de Visi n\Primera Tarea\Saturada 1.jpg")
17 img_MuySaturada= io.imread(r"C:\Users\emman\Documents\TEC\Sistemas de Visi n\Primera Tarea\Muy Saturada.
    jpg")
18
19 #Se crea una función para mostrar varias imágenes al mismo tiempo
20 def mostrar_imagenes(imagenes, titulos, cmap2=None):
21     for j in range(0,2):
22         for i in range(len(imagenes)):
23             plt.subplot(math.ceil(len(imagenes)/3), 3, i + 1)
24             plt.imshow(imagenes[i], cmap=cmap2)
25             plt.title(titulos[i])
26             plt.axis('off')
27     plt.show()
28
29 #Se crea una función para mostrar el histograma de una imagen
30 def mostrar_histograma(imagen, titulo):
31     histogram, bin_edges = np.histogram(imagen, bins=256)
32     plt.plot(bin_edges[0:-1], histogram)
33     plt.xlim(0,1)
34     plt.title(titulo)
35     plt.xlabel('Valor en escala de grises')
36     plt.ylabel('Cantidad de Píxeles')
37     plt.show()
38
39 #Se muestran las imágenes iniciales
40 mostrar_imagenes([img_AltoContraste, img_BCBrilloAlto, img_BCBrilloBajo, img_Saturado, img_MuySaturada], ["
    Imagen Alto Contraste", "Imagen Brillo Alto", "Imagen Brillo Bajo", "Imagen Saturado", "Imagen Muy
    Saturada"])
41
42 #Se pasa cada una de las imágenes a escala de grises
43 gray_AltoCont = skimage.color.rgb2gray(img_AltoContraste)
44 gray_BrilloAlto = skimage.color.rgb2gray(img_BCBrilloAlto)
45 gray_BrilloBajo = skimage.color.rgb2gray(img_BCBrilloBajo)
46 gray_Saturado = skimage.color.rgb2gray(img_Saturado)
47 gray_MuySaturada = skimage.color.rgb2gray(img_MuySaturada)
48
49 #Mostrar histograma para la imagen en escala de grises
50 mostrar_imagenes([gray_AltoCont, gray_BrilloAlto, gray_BrilloBajo, gray_Saturado, gray_MuySaturada], ["Grises
    Alto Contraste", "Grises Brillo Alto", "Grises Brillo Bajo", "Grises Saturado", "Grises Muy Saturada"],
    cmap2="gray")
51 mostrar_histograma(gray_AltoCont, "Histograma Alto Contraste")
52 mostrar_histograma(gray_BrilloAlto, "Histograma Bajo Contraste Brillo Alto")
53 mostrar_histograma(gray_BrilloBajo, "Histograma Bajo Contraste Brillo Bajo")
54 mostrar_histograma(gray_Saturado, "Histograma Saturada")
55 mostrar_histograma(gray_MuySaturada, "Histograma Muy Saturada")
56
57 #Primera imagen
58 #Para esta primera imagen, se denota alto contraste con valores significativos a lo largo de todo el
    histograma
59 #Se denota que debido al brillo y al contraste que se maneja, se tiene que no se debe realizar ningun
    cambio
60
61 #Segunda imagen
62 #Para esta se denota un bajo contraste y brillo, primeramente,
63 #se realizar la técnica de stretching para lograr aumentar el contraste de la imagen
64
65

```

```

66 #Se ajustan parámetros del plot
67 matplotlib.rcParams['font.size'] = 8
68
69
70 def plot_img_and_hist(image, axes, bins=256, xlabel="Intensidad de pixel", cmap2="gray"):
71     #Esta función es basada en un ejemplo mostrado en Scikit-image.Org
72     image = skimage.img_as_float(image)
73     ax_img, ax_hist = axes
74     ax_cdf = ax_hist.twinx()
75
76
77     # Display image
78     ax_img.imshow(image, cmap=cmap2)
79     #ax_img.set_axis_off()
80
81     # Display histogram
82     ax_hist.hist(image.ravel(), bins=bins, histtype='step', color='black')
83     ax_hist.ticklabel_format(axis='y', style='scientific', scilimits=(0, 0))
84     ax_hist.set_xlabel(xlabel)
85     ax_hist.set_xlim(0, 1)
86     ax_hist.set_yticks([])
87
88     return ax_img, ax_hist, ax_cdf
89
90
91 p2, p98 = np.percentile(gray_BrilloAlto, (2, 98))
92 #Se realiza la mejora de la imagen mediante stretching
93 img_Stretching_BCAB = exposure.rescale_intensity(gray_BrilloAlto, in_range=(p2, p98))
94
95 #Se realiza la mejora de la imagen mediante ecualización adaptativa
96 img_adapteq_BCAB = exposure.equalize_adapthist(gray_BrilloAlto, clip_limit=0.03)
97
98 #Se realiza la mejora de la imagen mediante ecualización
99 img_eq_BCAB = exposure.equalize_hist(gray_BrilloAlto)
100
101 #Se muestran los resultados
102 fig = plt.figure(figsize=(8, 5))
103 axes = np.zeros((2, 4), dtype=object)
104
105 axes[0, 0] = fig.add_subplot(2, 4, 1)
106 for i in range(1, 4):
107     axes[0, i] = fig.add_subplot(2, 4, 1 + i, sharex=axes[0, 0], sharey=axes[0, 0])
108 for i in range(0, 4):
109     axes[1, i] = fig.add_subplot(2, 4, 5 + i)
110
111 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(gray_BrilloAlto, axes[:, 0])
112 ax_img.set_title('Bajo Contraste Brillo Alto')
113
114 y_min, y_max = ax_hist.get_ylim()
115 ax_hist.set_ylabel('Número de píxeles')
116 ax_hist.set_yticks(np.linspace(0, y_max, 5))
117
118 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_Stretching_BCAB, axes[:, 1])
119 ax_img.set_title('Contrast stretching')
120
121 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_eq_BCAB, axes[:, 2])
122 ax_img.set_title('Ecualización de histograma')
123
124 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_adapteq_BCAB, axes[:, 3])
125 ax_img.set_title('Ecualización Adaptativa')
126
127 ax_cdf.set_ylabel('Fracción de intensidad total')
128 ax_cdf.set_yticks(np.linspace(0, 1, 5))
129 fig.tight_layout()
130 plt.show()
131
132 #Para la tercera imagen se presenta también que el problema principal para tener mayores detalles es el
133     contraste, por lo que se genera una
134     imagen nueva mediante un stretching de histograma
135 #Se realiza la mejora mediante el stretching del histograma
136 p2, p98 = np.percentile(gray_BrilloBajo, (2, 98))
137 img_Stretching_BCBB = exposure.rescale_intensity(gray_BrilloBajo, in_range=(p2, p98))
138
139 #Se realiza la mejora mediante ecualización adaptativa
140 img_adapteq_BCBB = exposure.equalize_adapthist(gray_BrilloBajo, clip_limit=0.03)
141
142 #Se realiza la mejora mediante ecualización

```

```

142 img_eq_BCBB = exposure.equalize_hist(gray_BrilloBajo)
143
144 # Display results
145 fig = plt.figure(figsize=(8, 5))
146 axes = np.zeros((2, 4), dtype=object)
147
148 axes[0, 0] = fig.add_subplot(2, 4, 1)
149 for i in range(1, 4):
150     axes[0, i] = fig.add_subplot(2, 4, 1 + i, sharex=axes[0, 0], sharey=axes[0, 0])
151 for i in range(0, 4):
152     axes[1, i] = fig.add_subplot(2, 4, 5 + i)
153
154 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(gray_BrilloBajo, axes[:, 0])
155 ax_img.set_title('Bajo Contraste Brillo Bajo')
156
157 y_min, y_max = ax_hist.get_ylim()
158 ax_hist.set_ylabel('N mero de pixeles')
159 ax_hist.set_yticks(np.linspace(0, y_max, 5))
160
161 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_Stretching_BCBB, axes[:, 1])
162 ax_img.set_title('Contrast stretching')
163
164 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_eq_BCBB, axes[:, 2])
165 ax_img.set_title('Ecuallizaci n de histograma')
166
167 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_adapteq_BCBB, axes[:, 3])
168 ax_img.set_title('Ecuallizaci n Adaptativa')
169
170 ax_cdf.set_ylabel('Fracci n de intensidad total')
171 ax_cdf.set_yticks(np.linspace(0, 1, 5))
172
173 fig.tight_layout()
174 plt.show()
175
176 #Para las ltimas dos im genes se tiene que ambas tienen saturaci n, esto se puede corregir mediante una
    ecualizaci n adaptativa
177
178 #Se realiza la mejora mediante el stretching del histograma
179 img_Stretching_Sat = exposure.rescale_intensity(gray_Saturado, in_range=(p2, p98))
180
181 #Se realiza la mejora mediante ecualizaci n adaptativa
182 img_eq_Saturada = exposure.equalize_hist(gray_Saturado)
183
184 #Se realiza la mejora mediante ecualizaci n
185 img_adapteq_Saturada = exposure.equalize_adapthist(gray_Saturado, clip_limit=0.03)
186
187
188 # Display results
189 fig = plt.figure(figsize=(8, 5))
190 axes = np.zeros((2, 4), dtype=object)
191
192 axes[0, 0] = fig.add_subplot(2, 4, 1)
193 for i in range(1, 4):
194     axes[0, i] = fig.add_subplot(2, 4, 1 + i, sharex=axes[0, 0], sharey=axes[0, 0])
195 for i in range(0, 4):
196     axes[1, i] = fig.add_subplot(2, 4, 5 + i)
197
198 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(gray_Saturado, axes[:, 0])
199 ax_img.set_title('Imagen Saturaci n Moderada')
200
201 y_min, y_max = ax_hist.get_ylim()
202 ax_hist.set_ylabel('N mero de pixeles')
203 ax_hist.set_yticks(np.linspace(0, y_max, 5))
204
205 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_Stretching_Sat, axes[:, 1])
206 ax_img.set_title('Contrast stretching')
207
208 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_eq_Saturada, axes[:, 2])
209 ax_img.set_title('Ecuallizaci n de histograma')
210
211 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_adapteq_Saturada, axes[:, 3])
212 ax_img.set_title('Ecuallizaci n Adaptativa')
213
214 ax_cdf.set_ylabel('Fracci n de intensidad total')
215 ax_cdf.set_yticks(np.linspace(0, 1, 5))
216 fig.tight_layout()
217 plt.show()

```

```

218 #Se realiza lo mismo para la muy Saturada
219 #Se realiza la mejora mediante stretching del histograma
220 img_Stretching_Sat = exposure.rescale_intensity(gray_MuySaturada, in_range=(p2, p98))
221
222 #Se realiza la mejora mediante ecualizaci n
223 img_eq_Muy_Sat= exposure.equalize_hist(gray_MuySaturada)
224
225 #Se realiza la mejora mediante ecualizaci n adaptativa
226 img_adapteq_Muy_Sat = exposure.equalize_adapthist(gray_MuySaturada, clip_limit=0.03)
227
228
229 # Display results
230 fig = plt.figure(figsize=(8, 5))
231 axes = np.zeros((2, 4), dtype=object)
232
233 axes[0, 0] = fig.add_subplot(2, 4, 1)
234 for i in range(1, 4):
235     axes[0, i] = fig.add_subplot(2, 4, 1 + i, sharex=axes[0, 0], sharey=axes[0, 0])
236 for i in range(0, 4):
237     axes[1, i] = fig.add_subplot(2, 4, 5 + i)
238
239 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(gray_MuySaturada, axes[:, 0])
240 ax_img.set_title('Saturaci n Alta')
241
242 y_min, y_max = ax_hist.get_ylim()
243 ax_hist.set_ylabel('N mero de pixeles')
244 ax_hist.set_yticks(np.linspace(0, y_max, 5))
245
246 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_Stretching_Sat, axes[:, 1])
247 ax_img.set_title('Contrast stretching')
248
249 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_eq_Muy_Sat, axes[:, 2])
250 ax_img.set_title('Ecualizaci n de histograma')
251
252 ax_img, ax_hist, ax_cdf = plot_img_and_hist(img_adapteq_Muy_Sat, axes[:, 3])
253 ax_img.set_title('Ecualizaci n Adaptativa')
254
255 ax_cdf.set_ylabel('Fracci n de intensidad total')
256 ax_cdf.set_yticks(np.linspace(0, 1, 5))
257
258 fig.tight_layout()
259 plt.show()
260
261 #####Segundo objetivo#####
262
263 #Se pasan las im genes al modelo de color HSI
264 img_AltoContHSI=skimage.color.rgb2hsv(img_AltoContraste)
265 img_BajoContHSI=skimage.color.rgb2hsv(img_BCBrilloBajo)
266 img_BajoContABHSI=skimage.color.rgb2hsv(img_BCBrilloAlto)
267 img_SaturadaHSI=skimage.color.rgb2hsv(img_Saturado)
268 img_MuySaturadaHSI=skimage.color.rgb2hsv(img_MuySaturada)
269
270 #Se aisla el canal de tono
271 Hue_Img1 = img_AltoContHSI[:, :, 0]
272 Hue_Img2= img_BajoContHSI[:, :, 0]
273 Hue_Img3 = img_BajoContABHSI[:, :, 0]
274 Hue_Img4 = img_SaturadaHSI[:, :, 0]
275 Hue_Img5 = img_MuySaturadaHSI[:, :, 0]
276
277 #Se crea una funci n para obtener el histograma de una secci n concreta de la imagen y
278 #dibujar un rect ngulo negro en esta misma secci n
279 def get_section_histogram(image, section):
280
281     image_Aux=image
282     (x1, y1), (x2, y2) = section
283
284     x1 = max(0, x1)
285     y1 = max(0, y1)
286     x2 = min(image_Aux.shape[1], x2)
287     y2 = min(image_Aux.shape[0], y2)
288
289     # Extraer la secci n de la imagen
290     section_image = image_Aux[y1:y2, x1:x2]
291
292     # Crear histograma de la secci n de la imagen

```



```

294 histogram, bin_edges = np.histogram(section_image, bins=256)
295
296 #Extraer coordenadas de la seccion como tupla
297 (x1, y1), (x2, y2) = section
298
299 #Dibujar el rectangulo
300 rr, cc = skimage.draw.rectangle_perimeter(start=(y1, x1), end=(y2, x2), shape=image.shape, clip=True)
301 image_Aux[rr, cc] = 0
302 #Se devuelve el histograma de la seccion, la imagen con el cuadrado y los rangos de ploteo
303 return histogram, bin_edges, image_Aux
304
305
306 #Se crea una funcion para realizar la binarizacion de una imagen, permite realizarse por
307 #Otsu, meter varios rangos y enviar estos rangos a blanco o a negro
308 def Binarization(rangos, image, To_Black=False, Otsu=False):
309     Image_Aux=image
310     mask2=np.zeros_like(Image_Aux)
311     mask1=np.zeros_like(Image_Aux)
312     if not Otsu:
313         for i in rangos:
314             mask1 = np.logical_and(Image_Aux < i[1], Image_Aux > i[0])
315             mask2 = np.logical_or(mask1, mask2)
316     else:
317         thresh = skimage.filters.threshold_otsu(image)
318         mask2= Image_Aux > thresh
319     if To_Black:
320         mask2=np.logical_not(mask2)
321     return mask2
322
323 #Primera imagen
324
325 #Se obtiene el histograma de la seccion
326 Hist_AC_HSI, Bin1, Square_AC=get_section_histogram(Hue_Img1, ((0,0), (200,1250)))
327
328 #Se plotea este histograma y la seccion utilizada
329 plt.plot(Bin1[0:-1], Hist_AC_HSI)
330 plt.title('Histograma Seccion Alto Contraste Tono')
331 plt.show()
332
333 plt.imshow(Square_AC, cmap="gray")
334 plt.title('Seccion de Histograma (Cuadrado negro)')
335 plt.show()
336
337 #Se crea la mascara binarizada a partir del rango visto
338 Seg_Mask_AC=Binarization([[0.4,0.55]], Hue_Img1, To_Black=True)
339
340 #Se plotea la mascara para poder ver el resultado de la binarizacion
341 plt.imshow(Seg_Mask_AC, cmap='gray')
342 plt.title('Mascara a partir de seccion')
343 plt.show()
344
345 #Se suaviza la mascara anterior mediante umbralizacion adaptativa
346 block_size = 31
347 local_thresh_AC = skimage.filters.threshold_local(Seg_Mask_AC, block_size, method="median")
348
349 #Se plotea la mascara final ya suavizada
350 plt.imshow(local_thresh_AC, cmap='gray')
351 plt.title('Mascara suavizada')
352 plt.show()
353
354 #Segunda imagen
355 #Se obtiene el histograma de la seccion
356 Hist_BCBB_HSI, Bin2, Square_BCBB=get_section_histogram(Hue_Img2, ((0,0), (200,1450)))
357
358 #Se plotea este histograma y la seccion utilizada
359 plt.imshow(Square_BCBB, cmap="gray")
360 plt.title('Seccion para Histograma (Cuadrado negro)')
361 plt.show()
362
363 plt.plot(Bin2[0:-1], Hist_BCBB_HSI)
364 plt.title('Histograma de Tono de Seccion, Bajo Brillo')
365 plt.show()
366
367 #Se crea la mascara binarizada a partir del rango visto
368 Seg_Mask_BCBB=Binarization([[0.3,0.53]], Hue_Img2, To_Black=True)
369
370 #Se plotea la mascara para poder ver el resultado de la binarizacion

```

```

371 plt.imshow(Seg_Mask_BCBB, cmap='gray')
372 plt.title('Mascara a partir de seccion')
373 plt.show()
374
375 #Se suaviza la mascara anterior mediante umbralizacion adaptativa
376 block_size=25
377 local_thresh_BCBB = skimage.filters.threshold_local(Seg_Mask_BCBB, block_size,method="median")
378 plt.imshow(local_thresh_BCBB, cmap='gray')
379 plt.title('Mascara Suavizada Bajo Brillo')
380 plt.show()
381
382 #Tercera imagen
383
384 #Se obtiene el histograma de la seccion
385 Hist_BCAB_HSI,Bin3,Square_BCAB=get_section_histogram(Hue_Img3,((750,0),(900,1200)))
386
387 #Se plotea este histograma y la seccion utilizada
388 plt.imshow(Square_BCAB,cmap="gray")
389 plt.title('Seccion para Histograma (Cuadrado negro)')
390 plt.show()
391
392 plt.plot(Bin3[0:-1], Hist_BCAB_HSI)
393 plt.title('Histograma de Tono de Seccion, Brillo Alto')
394 plt.show()
395
396
397 #Se crea la mascara binarizada a partir del rango visto
398 Seg_Mask_BCBB=Binarization([[0.44,0.5]],Hue_Img3,To_Black=True)
399
400 #Se plotea la mascara para poder ver el resultado de la binarizacion
401 plt.imshow(Seg_Mask_BCBB, cmap='gray')
402 plt.title('Mascara de a partir de seccion')
403 plt.show()
404
405 #Se suaviza la mascara anterior mediante umbralizacion adaptativa
406 block_size=51
407 local_thresh_BCAB = skimage.filters.threshold_local(Seg_Mask_BCBB, block_size,method="median")
408 plt.imshow(local_thresh_BCAB, cmap='gray')
409 plt.title('Mascara Suavizada')
410 plt.show()
411
412
413 #Cuarta imagen
414
415 #Se obtiene el histograma de la seccion
416 Hist_MSat_HSI,Bin4,Square_MSat=get_section_histogram(Hue_Img4,((0,1380),(1000,1600)))
417
418 #Se plotea este histograma y la seccion utilizada
419 plt.imshow(Square_MSat,cmap="gray")
420 plt.title('Seccion para Histograma (Cuadrado negro)')
421 plt.show()
422
423 plt.plot(Bin4[0:-1], Hist_MSat_HSI)
424 plt.title('Histograma de Tono de Seccion, Saturacion Moderada')
425 plt.show()
426
427 #Se crea la mascara binarizada a partir del rango visto
428 Seg_Mask_MSat=Binarization([[0.3,0.5]],Hue_Img4,To_Black=True)
429 #Se plotea la mascara para poder ver el resultado de la binarizacion
430 plt.imshow(Seg_Mask_MSat, cmap='gray')
431 plt.title('Mascara a partir de seccion')
432 plt.show()
433
434 #Se suaviza la mascara anterior mediante umbralizacion adaptativa
435 block_size=41
436 local_thresh_MSat = skimage.filters.threshold_local(Seg_Mask_MSat, block_size,method="median")
437 plt.imshow(local_thresh_MSat, cmap='gray')
438 plt.title('Mascara Suavizada')
439 plt.show()
440
441 #Quinta imagen
442
443 #Se obtiene el histograma de la seccion
444 Hist_Sat_Alta_HSI,Bin5,Square_Sat_Alta=get_section_histogram(Hue_Img5,((0,0),(200,1280)))
445
446 #Se plotea este histograma y la seccion utilizada
447 plt.plot(Bin5[0:-1], Hist_Sat_Alta_HSI)

```

```

448 plt.title('Histograma de Tono de Sección, Saturación Alta')
449 plt.show()
450
451 plt.imshow(Square_Sat_Alta, cmap="gray")
452 plt.title('Sección para Histograma (Cuadrado negro)')
453 plt.show()
454
455 #Se crea la máscara binarizada a partir del rango visto
456 Seg_Mask_Sat_Alta=Binarization([0.2,0.55]),Hue_Img5,To_Black=True)
457 plt.imshow(Seg_Mask_Sat_Alta, cmap="gray")
458 plt.title('Máscara a partir de sección')
459 plt.show()
460
461 #Se suaviza la máscara anterior mediante umbralización adaptativa
462 block_size=41
463 local_thresh_Sat_Alta = skimage.filters.threshold_local(Seg_Mask_Sat_Alta, block_size,method="median")
464 plt.imshow(local_thresh_Sat_Alta, cmap='gray')
465 plt.title('Máscara Suavizada')
466 plt.show()
467
468 #Se generan los resultados
469
470 #Se crea una lista de títulos para los histogramas a plotear
471 Titulos=["Histograma de intensidad de imagen Bajo Contraste y Bajo Brillo corregida","Histograma de
         intensidad de imagen con Bajo Contraste y Alto Brillo corregida","Histograma de intensidad de imagen con
         Saturación Moderada corregida","Histograma de intensidad de imagen con Saturación Alta corregida"]
472 #Se crea una función que realiza el cambio de la matriz de intensidad en HSI por la matriz de escala de
         grises
473 #Luego plotea el histograma de la escala de grises corregida
474 #Luego recrea la imagen en RGB y la asigna a una lista
475 def New_Image(HSI: list,Contrast: list):
476     RGB_Imgs=[]
477     for a in range(0,len(HSI)):
478         HSI_Img=HSI[a]
479         HSI_Img[:, :, 2]=Contrast[a]
480         histogram, bin_edges = np.histogram(HSI_Img[:, :, 2], bins=256)
481         plt.plot(bin_edges[0:-1],histogram)
482         plt.title(Titulos[a])
483         plt.xlabel("Intensidad de pixel")
484         plt.ylabel("Número de píxeles")
485         plt.show()
486         RGB_Img=skimage.color.hsv2rgb(HSI_Img)
487         RGB_Imgs.append(RGB_Img)
488     return RGB_Imgs
489
490 #Se ejecuta la función anterior
491 RGBs=New_Image([img_BajoContHSI,img_BajoContABHSI,img_SaturadaHSI,img_MuySaturadaHSI],[img_Stretching_BCBB,
         img_Stretching_BCAB,img_adapteq_Saturada,img_adapteq_Muy_Sat])
492 #Se adjunta la imagen en alto contraste
493 RGBs.insert(0,img_AltoContraste)
494 #Se crea una lista de las máscaras realizadas para hacer la categorización
495 Masks=[local_thresh_AC,local_thresh_BCBB,local_thresh_BCAB,local_thresh_MSat,local_thresh_Sat_Alta]
496 Titulos=["Resultados Alto Contraste","Resultados Bajo Contraste Bajo Brillo","Resultados Bajo Contraste
         Alto Brillo","Resultados Saturación Moderada","Resultados Saturación Alta"]
497
498 #Se realiza la categorización de cada una de las imágenes ya corregidas y se plotean para observar los
         resultados.
499 for a in range(0,len(Masks)):
500     label_image = skimage.measure.label(Masks[a])
501     image_label_overlay = skimage.color.label2rgb(label_image, image=RGBs[a], bg_label=0)
502     plt.imshow(image_label_overlay)
503     plt.title(Titulos[a])
504     plt.show()

```

Listing 1: Código utilizado