

Capítulo 3. Análisis y Selección de Métodos en Procesamiento de Imágenes Digitales

El procesamiento de imágenes es el conjunto de operaciones efectuadas sobre una colección de datos para propósitos específicos como el mejoramiento, extracción e interpretación de información relevante sobre ella [Yuras, 2002].

Este procesamiento se remonta hacia la segunda década del siglo XX cuando se transmitían imágenes fotografías periodísticas por cable submarino entre Londres y Nueva York, reduciendo significativamente el tiempo de emisión y recepción de las imágenes a sólo unas cuantas horas, empleándose nuevas técnicas desarrolladas de codificación y reproducción de las imágenes con cinco a quince tonos de gris [Córdoba, 1995].

3.1. Adquisición de la imagen

Generalmente se realiza capturando una señal analógica de imagen, como una cámara fotográfica analógica, aunque en fechas más recientes las cámaras digitales son las que más se utilizan. La imagen también puede provenir de diferentes, por ejemplo, fotográficamente, o electrónicamente, por medio de monitores de televisión. El procesamiento de las imágenes se puede en general hacer por medio de métodos ópticos, o bien por medio de métodos digitales, en una computadora. Los sistemas adquieren los datos píxel a píxel. La imagen es guardada como una rejilla de píxeles. El proceso de digitalización transforma datos análogos continuos en datos digitales discretos, es decir, un número de valores enteros finito que es usado para representar todos los valores de los datos originales y continuos [Yuras, 2002].

3.2. Representación de la imagen

Tiene que ver con los medios de representar los datos de la imagen de manera que pueda ejecutarse el procesamiento de imágenes y el proceso de análisis para implementarlo eficientemente. Existe la escala monocromática, la escala de grises. Una imagen se representa como una función bidimensional $f(x,y)$. Una imagen puede ser definida como una función dos-dimensional $f(x,y)$, siendo x e y coordenadas espaciales, y f en cualquier par de coordenadas se define como la intensidad o nivel de gris de la imagen en el punto. Si los valores x y y son finitos o cantidades discretas, se trata entonces de una imagen digital. Cada imagen tiene un número finito de elementos y tienen un valor y una localización. A estas unidades de imagen se les llama píxeles [Anil, 1989] [Lindley, 1991] [Schalkoff, 1989] (véase Figura 3.1).

El color se adquiere combinando diferentes colores de luz. La señal de una cámara de televisión a color puede representando usándose tres componentes que son rojo, verde y azul: $R = r(x,y)$; $G = g(x,y)$; $B = b(x,y)$; El vector $(r(x,y), g(x,y), b(x,y))$ define la intensidad y el color en el punto (x,y) en la imagen de color [Anil, 1989] [Lindley, 1991] [Schalkoff, 1989].

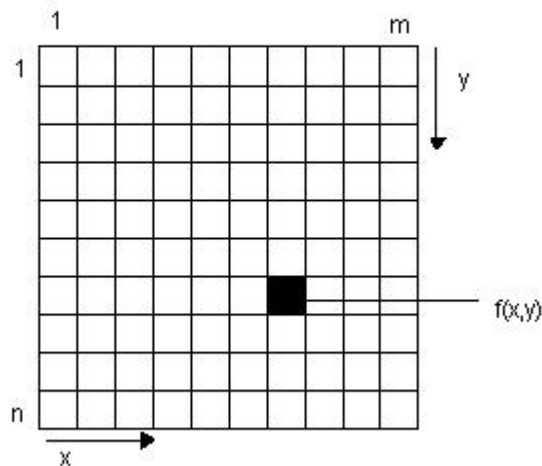


Fig. 3.1. Imagen digital que consiste en un arreglo de $m \times n$ píxeles. El píxel en la x^n columna y la y^n fila tiene una intensidad igual a $f(x,y)$ [Anil, 1989].

3.3 Procesamiento de imagen.

El proceso de digitalizar a los datos permite transformarlos a un formato adecuado para que la computadora pueda manipularlos, pudiendo ser transformados en cualquier función matemática seleccionada. Los métodos que se le aplican a una imagen pueden variar de acuerdo a los resultados y metas esperadas [Yuras, 2002]. Los dos tipos de operaciones aplicadas en el procesamiento de imágenes son las operaciones punto a punto y operaciones de vecindad, de las cuales se hablará posteriormente.

El procesamiento digital se realiza al dividir la imagen en un arreglo rectangular de elementos. Posteriormente se le asigna un valor numérico a la luminosidad promedio de cada píxel. Entonces, la imagen queda completamente definida debido a la luminosidad de cada píxel y las coordenadas que indican su posición. Estos datos se almacenan en la memoria de la computadora [Anil, 1989] [Lindley, 1991] [Schalkoff, 1989].

El proceso que sigue a continuación es el mejoramiento de la imagen procesada. Se puede lograr alterando los valores de la luminosidad de los píxeles con las operaciones y transformaciones matemáticas correspondientes con el objetivo de resaltar algunos detalles de la imagen o poner de manifiesto algunas otras características. Una vez que se tiene todo el anterior, la representación de esos píxeles va a dar hacia un monitor de televisión o una fotografía o algún otro dispositivo de salida de imagen [Anil, 1989] [Lindley, 1991] [Schalkoff, 1989].

3.4. Análisis de la imagen.

En el análisis de imágenes se extraen de manera automática información útil. La información debe ser tanto útil como explícita para poder tomar decisiones posteriormente. Las técnicas de análisis más comunes son aquellas que se refieren al reconocimiento

de patrones usando extracción de características, relación de imágenes y procesos sintácticos descriptivos.

La relación entre imágenes significa comparar una representación ideal de un patrón o un objeto con regiones segmentadas dentro de la imagen. Esto se puede hacer de manera global con la imagen o localmente donde se pueden usar varias características locales como las esquinas, por ejemplo.

Si se usa extracción de características basada en reconocimiento de patrones, las imágenes son descritas en términos de sus características representativas. Esta técnica se ha empleado en los últimos años. Significa segmentar la imagen en sus partes constituyentes. Una vez que eso se ha realizado, las características claves son extraídas y después clasificadas [Anil, 1989] [Lindley, 1991] [Schalkoff, 1989].

Procesos sintácticos descriptivos tienen un enfoque lingüístico hacia el análisis de imágenes. Ellos modelan un objeto por medio de su conjunto de elementos básicos y de sus relaciones espaciales.

3.5. Clasificación de la imagen

Los objetos son clasificados de acuerdo a sus características extraídas. El punto para la clasificación de las imágenes reside en la similitud entre los objetos los cuales contienen características similares los cuales pueden formar sectores. Algunas técnicas de clasificación incluyen el vecino más próximo, las Redes Neuronales, entre otras.

El procesamiento de imágenes trata temas como el reconocimiento y análisis de imágenes en segunda y tercera dimensión, El procesamiento de imágenes digitales, en términos generales, envuelve al reconocimiento de imágenes 2D, 3D y secuencias de imágenes, análisis, manipulación, transmisión y otras áreas relacionadas. Partes cubiertas por este área son: transformaciones de intensidad y filtros espaciales, procesamiento en el dominio de la frecuencia, restauración de imágenes, procesamiento del color, ondículas, compresión de imágenes digitales, procesamiento morfológico, segmentación, representación y descripción, reconocimiento de formas y objetos, interpretación.

3.6. Antecedentes sobre el procesamiento de imágenes digitales

Hasta las décadas de los 50's y 60's comenzó el desarrollo de técnicas de procesamiento de manera más formal debido a que fueron necesarias técnicas para la transmisión y procesamiento de imágenes desde satélite. El Jet Propulsion Laboratory de Estados Unidos desarrolló con más ahínco las técnicas de transmisión, realce y restauración de imágenes obtenidas por los satélites en el espacio. [Córdoba, 1995]

Durante la década de los setenta se financiaron proyectos de investigación para el desarrollo de técnicas que pudieran estudiar los mecanismos de la visión y que pudieran analizar las imágenes digitales. El National Institute of Health de los Estados Unidos comenzó a aplicar dichas técnicas en la investigación de imágenes de rayos X, microscopía óptica y electrónica. De igual forma, el MIT junto con la Universidad de Stanford enfocaron sus trabajos en la visión aplicada a la robótica con el proyecto Hand-Eye. Otros dos proyectos que desarrollaron estas técnicas fueron el proyecto japonés

PIPS (Patter-Information Processing System) y el proyecto americano UIS (Image Understanding System) cuya aplicación fue principalmente militar.

Por otro lado, en esa misma década también se realizaban investigaciones en Europa, particularmente en la École Nationale Supérieure des Mines de Paris en Francia, los profesores G.Matheron y J.Serra tomando como base los resultados de la geometría integral y cálculo de probabilidades para la caracterización y medición de formas. Las principales áreas de aplicación de esa metodología llamada Morfología Matemática van desde la Geología hasta la Biología y la Medicina.

A partir de ahí, nuevos conceptos emergen conceptos como técnicas de procesamiento de imágenes digitales refiriéndose a las técnicas asociadas con la captura, codificación y representación de imágenes, técnicas para el análisis de imágenes digitales y técnicas de visión por computadora o visión mediante robot, teniendo como objetivo extraer información presente en la imagen para hacer una interpretación de la escena que esa imagen representa

Pero no fue sino hasta la década de los 80's que las técnicas comenzaron a perfeccionarse y a emplearse en muchas aplicaciones comerciales. Marr siguió la línea marcada por el MIT, dándose las mayores contribuciones en el desarrollo de algoritmos para la detección de características como bordes, líneas y texturas que ayudan a definir lo que él llamó el esbozo primitivo, así como el desarrollo de técnicas globales de segmentación que permiten dividir a una imagen en regiones. [Córdoba, 1995]

También las investigaciones se enfocaron en usar técnicas de representación del conocimiento para resolver problemas de interpretación de imágenes, aplicados a ambientes industriales con apoyo de la Inteligencia Artificial para la representación del conocimiento y la interpretación de escenas a partir de imágenes digitales.

En la segunda mitad de la década de los 80 la pauta la marcan las teorías y algoritmos para la interpretación de la imagen 2D como proyecciones de escenas de 3D, concentrándose en problemas asociados a la reconstrucción de escenas a partir de distintas proyecciones, la caracterización de superficies a partir del estudio del movimiento, el estudio de las formas a partir de las sombras, técnicas de representación y búsqueda de objetos, el estudio de la orientación a partir de texturas y el estudio de flujo óptico y sus múltiples aplicaciones a la caracterización de superficies 3D. [Córdoba, 1995]

3.7. Algebra de Imágenes

Existen dos categorías de operaciones algebraicas que pueden operarse sobre las imágenes, que son la lógica y la aritmética. Las operaciones aritméticas se caracterizan por necesitar de dos imágenes para que puedan efectuarse píxel a píxel y se conocen mejor como operaciones diádicas, las cuales operan en los valores correspondientes de los píxeles. Entre estas se encuentra la suma, la resta, la multiplicación y división de imágenes.

La suma es usada para combinar la información de dos imágenes. La resta es usada frecuentemente para detectar movimiento. Cuando se tienen dos imágenes secuenciales que se van a comparar en las que no ha habido cambio en la escena y se aplica este operador, la imagen resultante se llena con ceros lo cual da como resultado una imagen de color negro, pero si algo se mueve dentro de la escena entonces la resta produce un resultado no con ceros y muestra el cambio en la región donde se produjo el movimiento.

La multiplicación y la división monádicas son usadas frecuentemente para ajustar la luminosidad de una imagen. Cuando el factor constante por el que se multiplica es más grande que 1, la imagen adquirirá luminosidad y si se divide por este factor, la imagen se oscurecerá.

Las operaciones lógicas AND y OR se usan para combinar la información de dos imágenes. Al usar AND y OR como un método simple para extraer una región de interés de una imagen si es que no están al alcance otros algoritmos más sofisticados. Como ejemplo, si se tienen dos imágenes, una con un cuadrado blanco y la otra con una imagen y se aplica AND, sólo se permitirá que la porción de la imagen que coincida con el cuadrado aparezca en la imagen de salida y el fondo se volverá de color negro y un cuadrado negro con una imagen que se les aplica el OR sólo permitirá que la parte de la imagen coincidente con el cuadrado negro aparezca en la imagen de salida y el resto de la imagen se volverá de color blanco [Danescu, 2002].

El operador NOT invertirá cada valor del píxel de la imagen produciendo un negativo de esta.

3.8. Aplicaciones del procesamiento de imágenes

En los últimos años el Procesamiento de Imágenes se ha empleado en una gran variedad de áreas del conocimiento, como en las Ciencias Naturales, particularmente en Biomedicina, Biología donde se analizan de forma visual a las muestras biológicas. El análisis de ADN también es posible gracias a las técnicas de identificación automática, clasificación y categorización del procesamiento. Ahora es posible la identificación de personas por medio de la biometría, es decir, por medio del reconocimiento de huellas digitales, de la palma de la mano, de los rostros o del iris [Córdoba, 1995].

En Medicina, el análisis y visualización de imágenes tomográficas con fines de diagnóstico médico. Los rayos X y las proyecciones CT médicas se digitalizan para examinar áreas internas del cuerpo. Un número determinado de proyecciones CT se combinan y digitalizan automáticamente para producir imágenes 3-dimensionales. [Córdoba, 1995].

En el procesamiento de documentos e imágenes con fines de seguridad en bancos o compañías financieras, cuyos documentos se comprimen y se guardan digitalmente para detección e identificación automática de información sobre documentos contables, cheques, tarjetas electrónicas, etc. [Córdoba, 2005].

En los procesos industriales se emplea para inspeccionar y supervisar las líneas de producción de las empresas. Ofrece estabilidad, precisión en la producción y confiabilidad. [Córdoba, 2005].

En aplicaciones geológicas se obtienen imágenes de aéreas para realizar exámenes del terreno, pudiéndose analizar los recursos naturales, las fallas geológicas y otros detalles. Un satélite toma fotografías de la corteza exterior de la Tierra a intervalos regulares y las imágenes se usan para analizar los recursos naturales, distribución de la vegetación o condiciones del crecimiento de cultivo. Estas fotografías tomadas de la corteza de la Tierra se pueden convertir usando imágenes en segunda dimensión también tomadas por satélite en modelo de tercera dimensión [Córdoba, 2005].

En la industria cinematográfica y televisión se utilizan diferentes técnicas de procesamiento para la creación de efectos visuales, creando objetos irreales y otras escenas que requieren producción artificial apoyándose en técnicas de Graficación y/o Procesamiento de Imágenes Digitales.

Las técnicas más recurridas son el morphing, la cual consiste en transformar un material en otro de manera espontánea produciendo una transición natural que se puede observar tanto en los comerciales como en las películas.

La composición de imágenes emplea varias imágenes para formar una sola. Distintos tipos de imágenes como aquellas que son animadas y pueden ser mezcladas conjuntamente. [Córdoba, 1995].

3.9. Análisis y procesamiento de información visual

3.9.1. Análisis de imágenes

Las primeras representaciones de imágenes en computadora fueron a través de los mapas de bits, los cuales consistían de filas de puntos luminosos, es decir, píxeles. Cada píxel representa un color por medio de un valor numérico formado por tres componentes formados por la descomposición del color en los tres colores básicos conocidos como rojo, verde y azul, una escala llamada RGB (Red,Green,Blue). La escala de valores va desde el mínimo que es 0, hasta el máximo, que es 255. El valor negro está representado por RGB(0,0,0) que indica una ausencia de color en sus tres componentes y RGB(255,255,255) es el color blanco. Por lo que cada color se puede representar con los tres valores de dicha escala, variando únicamente en cantidad.

Se pueden formar 16.8 millones de colores diferentes en la escala RGB. La determinación está dada por esta operación: $256 \times 256 \times 256 = 16.8$ millones.

El ser humano solo puede diferenciar 256 niveles de tonalidad para un color. Y para la computadora, el valor 256 es el mejor para el almacenamiento de información.

Una imagen es representada por filas y columnas de píxeles, las cuales conforman una matriz de valores. Es posible aplicar operaciones como filtros, algoritmos y otras transformaciones a este conjunto de datos y obtener resultados directos en los píxeles. Este análisis permite resaltar características o detectar cambios en la imagen como

color, movimiento, etc. Gracias a este procesamiento y a nuevos algoritmos, el análisis se realiza en muy poco tiempo computacional y con gran efectividad.

3.9.2. Escalas, filtros y otros operadores

En el procesamiento de imágenes existen diferentes operaciones, filtros y algoritmos que nos permiten resaltar elementos, detectar cambios y otras características, según lo que se desee obtener. Para detectar el humo, por ejemplo, la conversión de una imagen en color a una imagen de escala de grises servirá ampliamente para obtener un contraste entre los colores oscuros. Los tonos de grises están representados en la escala RGB y sus valores se encuentran en el intermedio de RGB(0,0,0) y RGB(255,255,255), por ejemplo: un gris medio lo podremos obtener con los valores RGB(150,150,150).

3.9.2.1. Conversión de una imagen a escala de grises

En este trabajo se emplea con frecuencia la conversión de una imagen a escala de grises, pues será empleada en una de las técnicas de detección de humo. El algoritmo de transformación se presenta a continuación [Starostenko, 2004]:

- 1.- Se lee la imagen representada en una matriz de datos.
- 2.- Se extrae cada componente de la imagen(r,g,b) en tres vectores diferentes.
- 3.- Se promedian las componentes y el resultado es almacenado en una matriz de igual dimensión que la imagen original.
- 4.- Se despliega el resultado con los valores de la nueva matriz de transformación.

3.9.2.2. Filtro RGB

Esta transformación también será útil para este proyecto. Se empleará en una de las técnicas para detectar con detalle los posibles cambios de color que puede haber con respecto al fuego, ya que su naturaleza es variable. Consiste en obtener las tres componentes de color de la imagen RGB, pero eliminando una o dos componentes (por ejemplo, la componente azul y verde) y resaltar la componente en rojo o incluso obtener combinaciones de colores (rojo y verde) de tal forma que se puedan resaltar los tonos más parecidos al fuego (rojo, naranja, amarillo) [Starostenko, 2004].

3.9.2.3. Umbral binario

Este umbral se utilizará como reducción de niveles de color de tal forma que pueda cumplirse el siguiente criterio:

Todos los píxeles con valores entre P1 y P2 son convertidos al valor 1 y fuera del intervalo son convertidos al valor 0.

$$Q = \begin{cases} 1 & \text{para } p > P2 \text{ y } p < P1 \\ 0 & \text{para } P1 \leq p \leq P2 \end{cases}$$

Su utilidad radica en poder detectar las variaciones del color en el humo y agruparlas por tonos similares asignándoles un mismo valor a aquellas que se encuentren en un

rango de valor. Lo mismo ocurrirá para el siguiente grupo detectado, puesto que generalmente el color del humo es blanco y en algunas ocasiones la mota está formada por tonalidades parecidas pero con pequeñas diferencias entre ellas [Starostenko, 2004].

3.9.2.4. Substracción de imágenes

La substracción de imágenes es una operación diádica porque usa la información contenida en el mismo lugar en dos imágenes. El tamaño de la matriz de resultado no cambia. Este operador es empleado para detectar cambios que han ocurrido durante un intervalo de tiempo entre dos imágenes tomadas de la misma escena. Es ideal para detectar movimiento [Starostenko, 2004].

Para obtener números positivos en el resultado de la imagen se utilizan dos técnicas:

a).- Se reescala, donde el número negativo más grande es puesto a cero y el número positivo más grande es puesto a la máxima escala de grises, por ejemplo, con el valor 255.

La relación se define como: $C_{i,j} = k(A_{ij} - B_{ij})$

b).- Definir la diferencia como una diferencia sin signo o como el valor absoluto de la diferencia (es usado en número limitado de condiciones).

En este proyecto se requiere el uso de la substracción pero como parte de un algoritmo que detectará los cambios ocurridos entre la imagen de fondo y la imagen seleccionada aleatoriamente.

3.9.2.5. Histograma

El histograma es la representación gráfica del conteo de frecuencia de la ocurrencia de cada intensidad (nivel de gris) en una imagen.

El histograma se obtiene:

- Digitalizando la imagen
- Contando los píxeles en cada nivel de gris
- Graficando la frecuencia de aparición de los píxeles en cada nivel

El histograma provee la frecuencia de la ocurrencia de los píxeles con el mismo nivel pero no información acerca de la localización de los píxeles. El histograma para cada imagen es único [Starostenko, 2004]

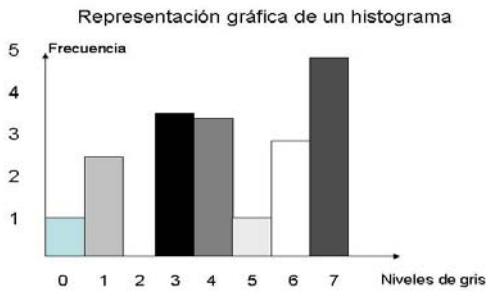


Fig. 3.2. Gráfica a manera de ejemplo de un histograma [Starostenko, 2004].

3.10. Características y propiedades del humo y del fuego

El fuego se origina debido a reacciones químicas llamadas combustión que desprenden luz y calor en las cuales interviene el elemento oxígeno, presente en el aire, reaccionando con algún material como los solventes, madera, papel, telas o petróleos [Química del Fuego, 2005] [Bustamante, José, 1997]

Existen dos tipos de combustiones, la completa y la incompleta. Cada una tiene características visuales específicas. La combustión completa consiste en la reacción entre el gas metano, CH_4 con el oxígeno, resultando en el desprendimiento de bióxido de carbono (CO_2) y agua, ya que una molécula de Metano requiere de dos moléculas de oxígeno. A diferencia de este tipo se encuentra la combustión incompleta en la cual solo está presente una molécula de oxígeno. Cuando se presenta una combustión así en compuestos orgánicos, se generan partículas de carbono flotando en el aire junto con monóxido de carbono y diminutos fragmentos de material no quemado generan humo [Química del Fuego, 2005] [Bustamante, 1997].

La combinación del oxígeno, el calor y el combustible inician la reacción de combustión que puede desembocar en el fuego y en el humo. [Química del Fuego, 2005] [Bustamante, 1997].

Cuando ocurre una combustión incompleta se desprende una cantidad considerable de humo. El proceso de oxidación puede ser en algunos casos imperceptible o en otros puede ser visible en períodos de tiempo muy cortos. De acuerdo a la velocidad con que se dan las reacciones químicas de oxidación, se pueden clasificar de la siguiente forma:

Combustiones muy lentas ocurren cuando el papel se quema, pudiendo observarse como obtiene un toque ligeramente amarillo en reacción a la oxidación de la celulosa [Química del Fuego, 2005].

Combustiones lentas ocurren en ambientes húmedos cuando por ejemplo una pieza de acero o metal adquiere una capa de color rojizo o café que no es más que óxido de hierro hidratado, es típicamente una oxidación. Se producen con poca emisión de calor

y sin emisión de luz, dándose principalmente en lugares escasos de aire, con combustibles muy compactos o por generación de humos de distinta índole, como los que se encuentran en sótanos y habitaciones cerradas. La entrada de aire súbito en esos lugares puede provocar un incendio súbito o una explosión [Química del fuego, 2005].

Las reacciones rápidas vienen acompañadas de signos visibles como emisión de calor, gases o humos y luz, esto es conocido como combustión o fuego [Química del Fuego, 2005] [Bustamante, 1997].

El humo es producto de una combustión incompleta porque las pequeñas partículas se hacen visibles impidiendo el paso a la luz. De acuerdo al tamaño de la partícula hay más humo si ésta es más densa. El humo también puede ser inflamable en una correcta proporción de oxígeno y calor. En grandes cantidades es peligroso debido a que provoca quemaduras en el aparato respiratorio de los seres vivos y asfixia. El color del humo es producido de acuerdo al material en combustión:

- Cuando el humo adquiere un de blanco a gris pálido, significa que la combustión arde libremente y que con seguridad se están quemando materiales...
- Cuando el color del humo va desde el gris oscuro al negro, indica casi siempre fuego caliente y falta de oxígeno.
- Si el humo es de color violeta, rojizo o amarillento puede indicar que se trata de gases tóxicos [Química del Fuego, 2005] [Bustamante, 1997].

Cuando se trata de plásticos y telas sintéticas, el humo es más denso porque la combustión es incompleta [Química del Fuego, 2005] [Bustamante, 1997].

El humo del cigarro es de color blanco y no es muy denso. La madera genera combinación de humo gris y negro, mientras que con el diesel, el humo que se produce es mayor, de color negro azulado oscuro con pequeñas partículas.

Con el alcohol, el humo es casi transparente, como entre azulado y neblina mientras que la cera produce pequeña cantidad de humo pero éste es muy denso y de color grisáceo. El pasto, papel muy delgado en pocas cantidades u otros materiales finos producen humo de color blanco. Los materiales vegetales generan una combinación de humo gris y negro.

Cuando lo que se queman son cabellos, carne u otra materia orgánica el humo en su mayoría es denso, de color oscuro casi negro y de olor muy penetrante.

En lugares abiertos también existe material susceptible de quemarse como las llantas de hule, cuya combustión produce humo de color negro con pequeñas partículas flotando en el aire.

Entre los materiales encontrados en casas y bodegas tenemos algunos como el hipoclorito de sodio (cloro), jabones, aceites u otros solventes, cuya combustión genera una mezcla de humos grises. La madera y el plástico generan también suficiente humo cuyas tonalidades varían entre el gris y el negro.

Cuando se entra en la segunda fase de la combustión, el humo puede variar de color y puede ir desde el negro al blanco o gris, existiendo también elevación de la temperatura. De acuerdo a la temperatura que se le ponga al fuego, ese es el tiempo de combustión

De acuerdo a lo anterior, en este proyecto se analizarán las imágenes buscando detectar la presencia y la cantidad de humo que se genere de una combustión, así como de clasificar en qué fase se podría encontrar de acuerdo a la cantidad y a qué material podría pertenecer de acuerdo a las tonalidades de color que presente el humo.

El fuego también posee características visuales que pueden ayudar a identificar el tipo de combustión o de incendio.

Si el fuego es brillante, entonces quiere decir que el incendio ha producido mucha temperatura. Si es transparente entonces se trata de una combustión completa. Si el color del fuego es rojo o naranja, entonces el incendio no tiene mucha temperatura ni alcanza los cien grados. Si el fuego es casi color blanco brillante, entonces el incendio ha producido más de mil grados de temperatura. Los Alcoholes al arder producen combustión completa y un fuego de color casi azul. La gasolina tiene base azul hasta punta fuego color naranja [Química del Fuego, 2006].

Se utilizarán las mismas técnicas de detección de presencia de humo para el fuego y el mismo modelo para detectar el color de las llamas.

3.11. Métodos a evaluarse y a utilizarse

Para la construcción del sistema se emplearán algunos operadores como substracción, umbral binario, histograma y otros mencionados con anterioridad, así como un algoritmo de detección de cambios y movimiento.

El operador resta, que viene incluido en el algoritmo de detección de movimiento (va referencia), se encargará de hacer la detección del cambio entre el frame de una imagen aleatoria y la imagen de fondo. Este último podrá detectar la presencia de un objeto así como su máximo y su mínimo de la región que ha cambiado, en este caso, humo o fuego y determinar aproximadamente la dimensión y el grado de riesgo para el área en peligro.

Una vez detectada la zona que se va a procesar con el mismo algoritmo de detección de movimiento, se le aplicarán tres técnicas de procesamiento que serán comparados entre sí:

- Detección de humo y fuego por medio del operador Histograma. Para los diferentes tipos de humo y los distintos tipos de fuego, se obtendrá un histograma, que no se representará gráficamente, sólo se contarán las ocurrencias para determinar la frecuencia de aparición de cierto tono que represente a algún tipo de elemento. Una variante de esta técnica es la construcción del histograma de colores de la zona de cambio eliminará la repetición de tonos encontrados. Así se podrá realizar la clasificación más acertadamente.
- Análisis por medio de modelo de color RGB directo. Este análisis será muy sencillo puesto que teniendo la zona de cambio en cuestión y ubicado el

elemento, se analizarán los píxeles y por medio de sus tonalidades se determinará el elemento que ha aparecido.

- Análisis por medio del umbral binario y el filtro RGB de color.

3.12. Conclusiones

Gracias a las técnicas de obtención de imágenes para su análisis, a los operadores gonádicos y diádicos, a los algoritmos de procesamiento de imágenes y al modelo de color RGB, es posible aplicarlos para no sólo para este proyecto, sino para cualquier otro proyecto que requiera técnicas de análisis y procesamiento de imágenes. La comparación entre diferentes operadores y algoritmos dará una idea más clara acerca de cuál es mejor para qué propósito y cuál se recomendaría para implementarlo en una aplicación real.