



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

## **ESTUDIO DE SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL, PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS INDUSTRIALES**

**Edwin Noel Hernández Juárez**  
Asesorado por el Lic. Lester Fajardo

Guatemala, febrero de 2008



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL, PARA EL  
CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS INDUSTRIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**EDWIN NOEL HERNANDEZ JUAREZ**

ASESORADO POR EL LICENCIADO LESTER FAJARDO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos     |
| VOCAL I    | Inga. Glenda Patricia García Soria   |
| VOCAL II   | Inga. Alba Maritza Guerrero de López |
| VOCAL III  | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón    |
| VOCAL IV   | Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz       |
| VOCAL V    |                                      |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas     |

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| DECANO      | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos     |
| EXAMINADORA | Inga. Virginia Victoria Tala Ayerdi  |
| EXAMINADOR  | Ing. Freiry Javier Gramajo López     |
| EXAMINADOR  | Ing. César Augusto Fernández Cáceres |
| SECRETARIA  | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas     |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ESTUDIO DE SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL, PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS INDUSTRIALES,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, en febrero de 2005.

Edwin Noel Hernández Juárez

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

Por darme la sabiduría y por ser mi luz durante todos los días de mi vida.

### **MIS PADRES**

Por ese apoyo incondicional desde mis primeras letras en Párvulos, ya que siempre me enseñaron a creer en mi mismo y soñar en grande no importando limitaciones o pobreza. Este triunfo no es sólo mío sino de ustedes. Gracias por todo el apoyo.

### **MI ESPOSA**

Porque hemos decidido caminar juntos de la mano y apoyarnos no importando la situación, ya sea en fracasos o en triunfos, y este logro es uno de los muchos que nos hemos propuesto alcanzar. A ti gracias

### **MIS HIJAS**

Por ser junto con mi esposa la fuente de motivación y la inspiración por la cual cada día trato de ser mejor que ayer. Porque sé que sus ojos estarán muy pendientes de cada uno de mis actos y logros y por lo mismo se merecen lo mejor.

### **MIS HERMANOS**

Sinceramente y de todo corazón muy agradecido. Por todo su apoyo, tanto emocional como económicamente, ya que sin su ayuda esto no hubiese sido posible.



## ÍNDICE GENERAL

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>                                 | <b>V</b>    |
| <b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>                                       | <b>VII</b>  |
| <b>GLOSARIO</b>  | <b>IX</b>   |
| <b>RESUMEN</b>   | <b>XV</b>   |
| <b>OBJETIVOS</b>   | <b>XVII</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>  | <b>XIX</b>  |
| <br>   |             |
| <b>1. ESTUDIO DE SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL</b>             | <b>1</b>    |
| 1.1 Sistemas de visión artificial                              | 1           |
| 1.2 Pasado de la visión artificial                             | 6           |
| 1.3 Presente de la visión artificial                           | 8           |
| 1.4 Futuro de la visión artificial                             | 12          |
| 1.5 Dificultades de la visión artificial                       | 12          |
| <br>   |             |
| <b>2. VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD</b>         | <b>15</b>   |
| 2.1 Procesado de imágenes                                      | 17          |
| 2.2 Procesamiento digital de Imágenes, técnicas para segmentar | 21          |
| 2.2.1 Reducción de los datos de la imagen                      | 21          |
| 2.2.1.1 Conversión digital                                     | 21          |
| 2.2.1.2 Uso de ventanas  | 22          |
| 2.2.2 Segmentación   | 22          |
| 2.2.2.1 Detección de borde                                     | 23          |
| 2.2.3 Extracción de características                            | 24          |
| 2.2.4 Reconocimiento del objeto                                | 25          |
| 2.2.5 Reconocimiento del objeto por coincidencia de plantillas | 25          |



|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| 2.2.6        | Reconocimiento del objeto por medio de estructuras        | <b>26</b> |
| 2.3          | Procesamiento de alto nivel (PAN)                         | <b>26</b> |
| 2.4          | Segmentación para procesamiento de alto nivel de imágenes | <b>27</b> |
| 2.4.1        | Discontinuidad  | <b>28</b> |
| 2.4.2        | Similitud   | <b>29</b> |
| 2.4.3        | Fijación de umbrales                                      | <b>29</b> |
| 2.4.4        | Crecimiento de regiones                                   | <b>30</b> |
| 2.4.5        | Descripción   | <b>31</b> |
| 2.4.5.1      | Descripción de frontera                                   | <b>32</b> |
| 2.4.5.2      | Descriptores de región                                    | <b>33</b> |
| 2.4.6        | Reconocimiento  | <b>33</b> |
| 2.4.6.1      | Métodos de decisión teórica                               | <b>33</b> |
| 2.4.6.2      | Métodos estructurales                                     | <b>34</b> |
| 2.4.7        | Interpretación  | <b>34</b> |
| 2.4.8        | Estructura de los sistemas basados en conocimiento        | <b>35</b> |
| 2.4.8.1      | Fases en la adquisición del conocimiento                  | <b>36</b> |
| 2.4.9        | Tecnología de los sistemas basados en conocimiento        | <b>36</b> |
| 2.4.10       | Base de conocimiento. sistemas basados en conocimiento    | <b>37</b> |
| 2.5          | Problemas asociados a la inteligencia artificial débil    | <b>38</b> |
| 2.5.1        | Experiencia, habilidades y conocimiento                   | <b>38</b> |
| 2.6          | Motor de inferencia                                       | <b>39</b> |
| 2.6.1        | Identificación de patrones                                | <b>40</b> |
| 2.6.2        | Ejecución de reglas                                       | <b>40</b> |
| 2.6.3        | Fase de restricción                                       | <b>41</b> |
| 2.6.4        | Fase de selección   | <b>41</b> |
| 2.6.5        | Inferencia o extracción de conclusiones                   | <b>42</b> |
| 2.6.6        | Encadenamiento de reglas                                  | <b>43</b> |
| 2.6.7        | Encadenamiento hacia delante                              | <b>43</b> |
| <b>2.6.8</b> | <b>Encadenamiento hacia atrás</b>                         | <b>44</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3. VISIÓN ARTIFICIAL E IMÁGENES CIENTÍFICAS</b> | <b>45</b> |
| 3.1 Componentes de un sistema de visión artificial | 45        |
| 3.2 Sistema mecánico                               | 46        |
| 3.3 Sistema de iluminación en visión industrial    | 46        |
| 3.4 Cámara   | 47        |
| 3.5 Procesador de imágenes                         | 48        |
| 3.6 Resultados                                     | 48        |
| <br>   |           |
| <b>4. VISIÓN ARTIFICIAL EN DOS DIMENSIONES</b>     | <b>49</b> |
| 4.1 Proceso de visión bidimensional                | 49        |
| 4.1.1 Segmentación para el PVB                     | 49        |
| 4.1.2 Análisis geométrico                          | 49        |
| 4.1.3 Comparación de estructuras                   | 50        |
| 4.2 Segmentación para VB                           | 50        |
| 4.3 Establecimiento de umbrales                    | 51        |
| 4.4 Bases de la visión en color para máquinas      | 51        |
| 4.5 Análisis de textura                            | 51        |
| 4.6 Análisis geométrico                            | 52        |
| 4.7 Conectividad y bordes                          | 53        |
| 4.8 Representaciones geométricas                   | 53        |
| 4.8.1 Código de longitud de secuencia              | 53        |
| 4.8.2 Código de encadenamiento                     | 54        |
| 4.8.3 Árbol tetrafurcado (“guadtrees”)             | 54        |
| <br>   |           |
| <b>5. ALGORITMO DE SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES</b>    | <b>57</b> |
| 5.1 Segmentación sobre el espacio de la imagen     | 57        |
| 5.2 Segmentación sobre la representación del color | 57        |
| 5.3 ACP  | 58        |
| 5.4 Segmentación semiautomática                    | 58        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 5.5       | Técnicas de división espacial             | 59        |
| 5.5.1     | Talla                                     | 59        |
| 5.5.2     | Orden                                     | 60        |
| 5.5.3     | Centro móvil                              | 60        |
| 5.6       | Espacio de representación color retenido  | 61        |
| 5.6.1     | Espacio LAB                               | 61        |
| 5.6.2     | Espacio RGB normalizado                   | 61        |
| <b>6.</b> | <b>TEORÍA DEL COLOR</b>                   | <b>63</b> |
| 6.1       | Colores primarios                         | 63        |
| 6.2       | Modelos de color                          | 64        |
| 6.2.1     | Modelo RYB                                | 64        |
| 6.2.2     | Sistema de color aditivo                  | 65        |
| 6.2.3     | Modelo de color RGB                       | 65        |
| 6.2.4     | Modelo CMY                                | 65        |
| 6.2.5     | Modelo CMYK                               | 66        |
| 6.2.5.1   | Uso de la tinta negra                     | 66        |
| 6.2.6     | Comparación y conversión entre RGB y CMYK | 67        |
| 6.2.7     | Mapeo de RGB a CMYK                       | 68        |
|           | <b>CONCLUSIONES</b>                       | <b>69</b> |
|           | <b>RECOMENDACIONES</b>                    | <b>71</b> |
|           | <b>REFERENCIAS</b>                        | <b>73</b> |
|           | <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                       | <b>75</b> |
|           | <b>APÉNDICE</b>                           | <b>77</b> |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Fotografía de un Brazo Robot   | 11 |
| 2.  | Extracción de características de un objeto                                 | 25 |
| 3.  | Etapas del procesamiento de imágenes                                       | 27 |
| 4.  | Detección de bordes Intensidad, iluminación (blanco-negro)                 | 28 |
| 5.  | Discontinuidad para imagen binaria   | 29 |
| 6.  | Aplicación de técnica de crecimiento de regiones                           | 30 |
| 7.  | Crecimiento de regiones  | 31 |
| 8.  | Imágenes con las características de un bebé                                | 32 |
| 9.  | Imagen con objetos ocultos   | 34 |
| 10. | Estructura de un sistema basado en conocimiento                            | 35 |
| 11. | Estructura general de un sistema de visión artificial<br>por computador    | 46 |
| 12. | Diferentes iluminaciones   | 47 |
| 13. | Clasificación por talla  | 60 |
| 14. | Clasificación por orden  | 60 |
| 15. | Representación gráfica (RGB) de una imagen                                 | 62 |
| 16. | Representación gráfica de cada uno de sus valores<br>RGB de forma separada | 62 |
| 17. | Cotización Comex   | 92 |
| 18. | Cotización Sherwin Williams  | 93 |

## TABLAS

|   |    |
|---|----|
| I. Relaciones                             | 7  |
| II. Número de niveles de gris             | 22 |
| III. Descripción de características       | 24 |
| IV. Cálculo de código de direcciones      | 32 |
| V. Características de motor de inferencia | 39 |
| VI. Análisis geométrico                   | 52 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b>                             |
|----------------|--|
| <b>IA</b>      | Inteligencia Artificial                        |
| <b>&amp;</b>   | Adpherson                                      |
| <b>VA</b>      | Visión Artificial                              |
| <b>PC</b>      | Computadora Personal                           |
| <b>PCI</b>     | Componente de Interconexión periférica         |
| <b>SE</b>      | Sistema experto                                |
| <b>MIT</b>     | Instituto Tecnológico de Massachussets         |
| <b>API</b>     | Interfaz de programación de aplicaciones       |
| <b>NI</b>      | Nacional Instruments                           |
| <b>DMA</b>     | Acceso directo a memoria                       |
| <b>RAM</b>     | Acceso aleatorio a memoria                     |
| <b>DAQ</b>     | positivos multifunción de adquisición de datos |
| <b>RTSI</b>    | Sistemas inteligentes para trabajos de red     |
| <b>BIT</b>     | Digito binario                                 |
| <b>VB</b>      | Visión bidimensional                           |
| <b>ACP</b>     | Análisis de componentes principales            |
| <b>ERC</b>     | Espacio de representación color                |
| <b>3D</b>      | Tres dimensiones                               |
| <b>2D</b>      | Dos dimensiones                                |
| <b>1D</b>      | Una dimensión                                  |
| <b>COV</b>     | Covarianza                                     |
| $\mu$          | Mu   |
| $\Sigma$       | Sumatoria, Sigma                               |
| $\lambda$      | Lamda  |

**Dr.**

Doctor

**RGB**

Red, Green, Black

$\Delta$

Incremento o cambio

## GLOSARIO

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Algoritmo</b>      | Un algoritmo es un conjunto finito de instrucciones o pasos que sirven para ejecutar una tarea o resolver un problema.  |
| <b>Arista</b>         | Es la línea de intersección de dos planos.  |
| <b>Arquitectura</b>   | Es el arte y ciencia de diseñar espacio como marco del ser humano.  |
| <b>Autómata</b>       | Puede definirse como un equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales |
| <b>Automatización</b> | Ejecución automática de tareas industriales, administrativas o científicas haciendo más ágil y efectivo el trabajo y ayudando al ser humano.                                |
| <b>Binario</b>        | Sistema de numeración en el que todas las cantidades se representan utilizando como base el número dos, con lo que disponemos de las cifras: cero y uno ('0' y '1').        |



|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Buffer</b>      | Es una ubicación de la memoria en una computadora o en un instrumento digital reservada para el almacenamiento temporal de información digital, mientras que está esperando ser procesada. |
| <b>Cláusula</b>    | Disposición particular que forma parte de un tratado, contrato, testamento o cualquiera otro acto o instrumento público o privada.   |
| <b>Diagrama</b>    | Representación gráfica sobre un sistema de coordenadas ortogonales.  |
| <b>Estadística</b> | Rama de las matemáticas que describe los fenómenos donde no hay un componente absoluto, es decir es discreta, y sus modelos son estocásticos.  |
| <b>Geometría</b>   | Rama de la matemática que estudia las propiedades las figuras en el plano o en el espacio.   |
| <b>Gradiente</b>   | Es la variación espacial de un campo escalar.  |
| <b>Hardware</b>    | Es el conjunto de elementos materiales que componen una computadora.   |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Histograma</b>  | Representación gráfica de una variable frente a otra, en forma de barras, donde la altura o eje vertical es proporcional a los valores producidos, y la anchura o eje horizontal a los intervalos o valores de la clasificación. |
| <b>Homogéneo</b>   | Significa que es de la misma clase, de la misma especie, de estructura totalmente igual; que posee las mismas funciones parciales o las mismas partes.   |
| <b>Informática</b> | Ciencia del tratamiento automático de la información mediante una computadora.   |
| <b>Lisp</b>        | Lenguaje de programación de alto nivel.  |
| <b>Mecanismos</b>  | Pasos necesarios para recolectar los datos.  |
| <b>Método</b>      | Es el modo de obrar o proceder.  |
| <b>Normas</b>      | Son los reglamentos o leyes generalmente en concordancia con las creencias y valores que siguen los miembros de un grupo para vivir en armonía.  |

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Píxel</b>        | Unidad en la que se descompone una imagen digital.   |
| <b>Premisa</b>      | Proposición probada anteriormente o dada como cierta.  |
| <b>Procesador</b>   | Componente de una computadora que se encarga de convertir la información en otro tipo de información, la cual puede ser sometida a otro procesamiento o ser el objetivo final del sistema. |
| <b>Proceso</b>      | Es un conjunto de actividades o eventos que se realizan o suceden con un determinado fin.  |
| <b>Programación</b> | Acto de crear un programa de computadora.  |
| <b>Programa</b>     | Secuencia que lleva a cabo un proceso.   |
| <b>Prolog</b>       | Lenguaje de programación utilizado para investigación en Inteligencia Artificial.  |
| <b>Semántica</b>    | Sub-campo de la gramática que quiere decir "significado relevante".  |

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Simulación</b>      | Es la experimentación con un modelo de una hipótesis de trabajo.   |
| <b>Sintaxis</b>        | Parte de la gramática que se encarga de estudiar las reglas que gobiernan la forma en que las palabras se organizan en sintagmas y, a su vez, estos sintagmas en oraciones.                    |
| <b>Sistema</b>         | Conjunto de elementos organizados que interactúan entre sí, para lograr objetivos comunes.   |
| <b>Sistema experto</b> | Son aquellos programas que se realizan haciendo explícito el conocimiento en ellos, que tienen información específica de un dominio concreto y que realizan una tarea relativa a este dominio. |
| <b>Software</b>        | Es la parte lógica del ordenador.  |
| <b>Técnica</b>         | Procedimiento o el conjunto de procedimientos que tienen como objetivo obtener un resultado determinado.   |
| <b>Vértice</b>         | Punto común entre los lados consecutivos de una figura geométrica.   |



## RESUMEN

La visión artificial ha venido evolucionando desde sus principios en el año de 1961 cuando Larry Robert creó un programa que podía ver. Pero fue hasta el año de 1993 donde [Nalwa] definió a la visión artificial como la deducción automática de las estructuras y propiedades de un mundo tridimensional posiblemente dinámico.

A partir de allí se sabe que la visión artificial interactúa con tres campos que son el procesamiento, reconocimiento y análisis de imágenes, objetos y escenas.

Gracias a los ingenios de los años 60, actualmente, existen muchos tipos de industrias que han incorporado en sus líneas de producción la visión artificial como un medio para optimizar recursos humanos, físicos y financieros permitiendo a la vez un 100% de control de la producción. Pero la visión artificial no podría cumplir sus objetivos si no se apoya de diferentes métodos y/o técnicas para el procesamiento de imágenes tal es el caso de la segmentación la cual se aplica a la reducción de datos y su objetivo es agrupar áreas de imagen que tengan características similares dentro de entidades distintas que representen partes de la imagen. Este método a la vez utiliza diferentes técnicas para segmentar imágenes como es el caso de: Fijación de umbrales, crecimiento de regiones y detección de bordes.

Existen muchos métodos de segmentación para blanco y negro y color. Tal es el caso de la técnica ACP, que tiene la cualidad de sintetizar información útil sobre la imagen y crear nuevos parámetros para el análisis de la imagen.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Estudiar las diferentes técnicas utilizadas por la visión artificial para el procesamiento digital de imágenes.

### **Específicos**

1. Estudiar las tecnologías para la implementación de sistemas de Visión Artificial.
2. Estudiar los diferentes Métodos utilizados por la visión artificial para llevar a cabo un mejor control de calidad.
3. Estudiar las áreas donde se puede hacer uso de Visión Artificial.





## INTRODUCCIÓN

Entre las capacidades visuales que posee el ser humano se encuentra poder seguir objetos que tiene por delante. Aunque lo haga de forma inconsciente.

Mediante esta capacidad el ser humano puede realizar múltiples actividades cotidianas, como leer, caminar, conducir, etc. El seguimiento visual está estrechamente ligado con muchas de las tareas que el ser humano realiza diariamente.

La introducción de estas capacidades en los sistemas visuales artificiales es una de las áreas de investigación de la visión artificial por computador de hoy en día.

La visión artificial cuyo campo es la informática estudia el uso de cámaras y sensores. Puesto que las cámaras imitan los ojos (que son más sofisticados) su procesamiento suele ser muy costoso. La visión artificial actualmente se considera como un campo tan complejo que tradicionalmente se ha considerado como un campo de la informática (como la inteligencia artificial (IA)).

En general, la visión artificial es una materia con aplicaciones múltiples en diversas disciplinas, tanto científicas (biología, astronomía, meteorología, medicina, etc.) como industriales (robótica, procesamiento de documentos, arte, biometría, etc.). Como en otras áreas científicas, los problemas de Visión Artificial se pueden resolver de una manera metódica y estructurada.

El análisis y el diseño eficiente de los algoritmos usados en las aplicaciones que trabajan sobre imágenes son componentes críticos en toda metodología de procesamiento de imágenes y visión artificial.

# 1. ESTUDIO DE SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL

## 1.1 Sistemas de visión artificial

Los sistemas de visión artificial tienen sus orígenes a partir de 1961, donde Larry Robert creó un programa que podía “ver” una estructura de bloques, analizar su contenido y reproducirla desde otra perspectiva. Con este adelanto se le hizo saber al mundo entero que esa información visual había sido transmitida al ordenador por medio de una cámara y ésta la había procesado adecuadamente.

Pero muchas cosas no han cambiado desde ese entonces, dado que en esa época no existía una definición formal e incluso hoy en día no existe una definición estándar de lo que es Visión Artificial, por lo que varios actores definen a la misma de diferentes maneras.

Para algunos autores, **Visión artificial = Visión Computacional**, se refiere principalmente a la reconstrucción de diferentes propiedades de una escena, tales como campos de movimiento, color, profundidad, etc. a partir de un conjunto de imágenes.

Una de las mejores definiciones encontradas fue la escrita por [Nalwa, 93] donde define que la Visión Artificial se encarga de describir la deducción automática de las estructuras y propiedades de un mundo tridimensional posiblemente dinámico.

La visión artificial fue desarrollada principalmente a partir de tres campos relacionados, los cuales actúan como un sistema que interactúan unos con otros. Estos tres campos son: El procesamiento, reconocimiento y análisis de imágenes, objetos y escenas.

Los sistemas de visión artificial tienen la capacidad de crear nuevas imágenes a partir de imágenes ya existentes. Normalmente, estas nuevas imágenes se obtienen aplicando teoría de sistemas lineales los cuales permiten mejorar la apariencia de las imágenes originales.

Un sistema óptico forma una imagen de un objeto o conjunto de objetos tridimensionales tomando como base el propósito de un sistema de visión artificial el cual es obtener de una imagen la información necesaria y útil para la ejecución de una tarea.

La visión artificial desde su invención está siendo utilizada en todo tipo de industria puesto que en un espacio tan competitivo como el actual, en el que el ámbito de competencia para las empresas ha pasado en pocos años de lo regional a lo mundial; y como consecuencia de la necesidad de introducirse en nuevos mercados, se hace necesario disponer de un producto fiable y con el menor coste posible.

Actualmente es de suma importancia la incorporación de sistemas que controlen el estado del producto dentro de las líneas de producción, debido a la carencia de métodos productivos y a la maquinaria utilizada. Por lo tanto, si existen carencias de métodos productivos el concepto el concepto de "Calidad Total" es muy difícil de conseguir.

Sin dejar atrás, las normas de calidad del producto son cada vez más exigentes así como los requisitos del mercado que hacen que la producción deba ser controlada de forma exhaustiva y con seguridad. La necesidad de rebajar los costos directos e indirectos de los productos implica que la detección de posibles defectos de fabricación sea realizada lo antes posible, a fin de evitar un aumento en el costo del producto final que en ocasiones podría ser rechazado.

La creciente demanda de control de calidad en los procesos de fabricación, hace cada vez más necesaria la utilización de visión artificial, para satisfacer las necesidades de calidad de los clientes.

Actualmente existen varios tipos de industrias que han incorporado en sus líneas de producción la visión artificial como un medio para optimizar recursos humanos, físicos y financieros y permitiendo a la vez un 100% del control de la producción, mediante métodos no destructivos y sin contacto.

Por ejemplo:

- Industria Farmacéutica
- Embotellado y Embalaje
- Etiquetado
- Textil
- Papel
- Metalúrgica
- Semiconductores
- Cerámica
- Madera
- Equipos electrónicos
- Procesamiento de Tabaco

Cada una de los tipos de industria mencionadas anteriormente hacen diferentes procesos industriales, los cuales conllevan varias etapas. De las cuales se puede decir que una de las más cruciales es la de Control de calidad puesto que a partir de ella es evaluada la calidad del producto final y a la vez el cliente decide si dicho producto satisface o no sus necesidades.

Existen muchas ventajas que se pueden incrementar con los sistemas de visión artificial. Entre ellas tenemos: Se puede incrementar la productividad, flexibilidad, disminución de costos de producción y automatizaciones complejas de tareas de inspección. Entre los beneficios que ofrecen los sistemas de visión, se puede mencionar:

- Mayor rendimiento en la producción
- Mejor calidad
- Menor rechazo de producción
- Mayor satisfacción en los clientes

Existe una serie de etapas que utilizan los diferentes sistemas de visión artificial, para obtener los beneficios antes mencionados. La mayoría utiliza la **Captación** que como su nombre lo indica es la responsable de captar u obtener una imagen visual. La segunda etapa es la de **Procesamiento**, la cual incluye técnicas tales como la reducción de ruido y realce de detalles. La siguiente etapa es la de **Segmentación**, la cual es el proceso que divide una imagen en objetos que sean de nuestro interés.

La cuarta etapa es **descripción**, la cual permite obtener una serie de características para diferenciar a un objeto de otro, por ejemplo. Tamaño y forma.

La quinta etapa es la llamada etapa de Reconocimiento, la cual identifica objetos de una escena. Y la sexta y última etapa es la llamada etapa de Interpretación la cual es el proceso que asocia un significado a un conjunto de objetos reconocidos.

Existen muchas razones que pueden hacer de un sistema de visión artificial, el sistema de control de calidad idóneo, por ejemplo:

- Muestreo de todas las piezas producidas
- Elevada resolución en la inspección
- Alta estabilidad del sistema de control de calidad
- Rápida amortización del sistema

Para que la visión artificial sea aceptada como lo es hoy en día, se ha tenido que apoyar en diferentes tecnologías como los sensores o transductores los cuales proporcionan información relativa a las características luminosas (reflectividad superficial, emisión luminosa, etc.) de las escenas a analizar. Es decir La visión artificial equivale a un conjunto de técnicas y modelos que permiten el procesamiento, análisis y explicación de cualquier tipo de información espacial obtenida a través de imágenes digitales.

El análisis de secuencia de imágenes ha recibido más y más atención desde los años setenta. Intentos de investigación fueron motivación por las necesidades metodológicas y por el crecimiento de aplicaciones basadas en imágenes de espacio temporal. Estas imágenes contienen la información importante del ambiente, del mundo físico incluyendo la profundidad, orientación de superficie, estructura y movimiento de objetos en espacio y movimiento de sensores [Bouthemy, 1989]



La visión artificial hace uso de varios métodos por medio de los cuales da la seguridad a los usuarios que los procesos se están realizando de la mejor manera.

Uno de los métodos más utilizados en la actualidad es el de la segmentación, el cual es la base para el análisis de imágenes [Laplante, 1996]. Este método es basado en la teoría de estimación bayesiana, con el que se han podido obtener resultados, cuya calidad supera a la de la mayoría de los métodos publicados.

Con este tipo de estudio se espera que los avances en la tecnología de Visión artificial brinde un aporte inmenso en la realización de procesos repetitivos que requieren de gran precisión y desgaste físico, y que a la vez garantice la solución a muchos problemas en el campo de la industria como el hecho de supervisar los diferentes procesos mecánicos para evitar que estos salgan defectuosos, y en tareas como la vigilancia, entre muchas otras mas que se mencionarán más adelante.

## 1.2 Pasado de la visión artificial

La **Visión artificial** es conocida como **Visión por Computador** es un subcampo de la inteligencia artificial. El propósito de la visión artificial es programar un computador para que "entienda" una escena o las características de una imagen<sup>1</sup>

La relación de procesamiento de imágenes, reconocimiento de objetos y el análisis de escenas es lo que ha hecho posible el nacimiento de lo que ahora conocemos como Visión Artificial.

La visión artificial desde sus orígenes se relaciona con otras áreas entre las cuales podemos mencionar (ver tabla I).

**Tabla I. Relaciones**

| <b>Área</b>                          | <b>Relación</b>         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Inteligencia Computacional           | Inteligencia Artificial |
| Visión Cognoscitiva                  | Aprendizaje de Maquina  |
| Estadística, Geometría, Optimización | Matemáticas             |
| Visión Biológica                     | Neurología              |
| Cámaras Inteligentes                 | Técnica de Imágenes     |
| Óptica                               | Física                  |
| Visión Robótica, Robótica            | Control Automático      |

La visión artificial se basa en imágenes ya existentes para generar nuevas imágenes, las cuales son obtenidas aplicando teorías de sistemas lineales con la intención de utilizar las descripciones de estas para poder transmitirle al computador (El cual es el encargado de controlar el funcionamiento del sistema) toda la información necesaria para tomar las decisiones apropiada.

Para algunas personas la visión artificial ha sido una de las causas de muchos despidos en empresas que se dedican a la producción de cualquier tipo de producto.

Por ejemplo: maquilas, fabricación de calzado, procesamiento de café, procesamiento de tabaco, empaque, etc. Puesto que hasta el día de hoy en Guatemala aun existen empresas donde el control de calidad se lleva a cabo mediante una rudimentaria inspección visual de los productos por parte de un operario, el cual es el responsable de analizar un conjunto de actividades o parámetros para poder cumplir con los requisitos de la clasificación.

Y por consiguiente, la finalización del proceso de control de calidad utilizando este método rara vez, se puede decir que el proceso cumple un 100% con lo requerido. Porque por más que el operario trate de dar su mejor esfuerzo de no cometer ningún error en su trabajo, es humano y por ende la probabilidad de cometer más de un error es mayor que uno y esto se debe a varias razones. Por ejemplo:

1. Desconcentración.
2. Problemas visuales.
3. Exceso de trabajo.
4. Problemas familiares, etc.

Los sistemas de visión artificial, tienen una característica muy importante. La cual es su falta de flexibilidad puesto que están únicamente diseñados para el uso de productos muy particulares.

### **1.3 Presente de la visión artificial**

La visión artificial en la actualidad es de gran importancia para las empresas que cuentan con líneas de producción, donde la calidad de sus productos es lo más importante. Actualmente, existe una gran cantidad de personas de todas las ramas bastante calificados desarrollando proyectos de gran envergadura en diferentes áreas, tal es el caso del procesamiento de imágenes medicas, la cual es un área en la que muchos investigadores han desarrollado y logrado muchos proyectos y avances.

En la actualidad se estima que aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes de la información que maneja el ser humano es visual, por lo tanto, pareciera lógico pensar que al dotar a las máquinas del sentido de la vista, se esperaría un salto cualitativo en sus capacidades de actuación.

El crecimiento de la industria y del conocimiento ha llevado a buscar nuevas alternativas de solución a los nuevos problemas de competitividad y calidad de los productos que fabrica la industria, generando nuevas innovaciones; las cuales consisten en la automatización de procesos industriales por medio de la inteligencia artificial a través de sus diferentes áreas como la robótica (por medio de robots industriales y brazos mecánicos), redes neuronales (por medio de la creación de sistemas expertos) y reconocimiento de patrones (por medio de la visión por computador), dejando a un lado las épocas donde los textiles, el vapor, el ferrocarril, la máquina de combustión entre otros, significaron las principales innovaciones y poder económico de los países industrializados.

Actualmente, las empresas se están viendo obligadas a incorporar en sus líneas de producción algún tipo de inteligencia debido a la exigencia de calidad por parte de su mercado objetivo. Y esto se hace aún más complicado en países como Guatemala donde existen muchas industrias donde un 65% de sus procesos se hacen manualmente, tal es el caso de la industria del tabaco y pinturerías por citar algunos.

Hoy en día son utilizados los robots industriales en la industria, ya que hacen una misma función cuantas veces se necesite sin cansarse ni aburrirse, siempre dan un mismo resultado debido a los movimientos repetitivos y precisos que realizan y lo único que necesitan es una fuente de poder (electricidad).

Estos robots cuentan con procesadores baratos y rápidos que los hacen más inteligentes y menos caros, son utilizados para realizar trabajos que las personas no les gusta hacer, ya sea por ser aburrido o peligroso y representan una ventaja para las empresas ya que los humanos necesitan descansos, salarios, comida, dormir, y una área segura para trabajar mientras que los robots no.

La fatiga y aburrimiento de los humanos afectan directamente a la producción de una compañía, los robots nunca se aburren, por lo tanto su trabajo será el mismo desde que abra la compañía hasta que cierre. El noventa por ciento de estos robots trabajan en fábricas y más de la mitad hacen automóviles. La industria automotriz es una de las industrias altamente automatizadas y la mayoría de sus empleados son encargados de supervisar o mantener los robots y otras máquinas.

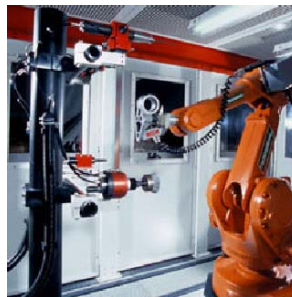
Muchos Robots Industriales, que están disponibles comercialmente se utilizan ampliamente en tareas de fabricación y de ensamblaje, tales como manejo de material, soldaduras por arco y de punto, montajes de piezas, pintura, carga y descarga de máquinas controladas numéricamente y manejo de materiales peligrosos; especialmente en la industria pesada.

El robot de la figura 1, puede realizar una enorme variedad de tareas basadas en un brazo multiuso. Las herramientas incluyen las sierras de vanda, las sierras del disco, los usos altos de la velocidad, la correa y las lijadoras del disco, herramientas de llenado, herramientas que raspan, cepillos, brochas y remachadoras.

La rotación a alta velocidad es la característica que realiza el funcionamiento por que acaba disminuyendo la duración del ciclo de trabajo y causa menos daño y desgaste a la herramienta.

Para muchos usuarios potenciales, el primer paso en desarrollar y poner un sistema del IA en ejecución es el más desalentador cómo seleccionar el uso y las herramientas de desarrollo correctas.

**Figura 1. Brazo Robot Tomado de [JS 01]**



Los usuarios divulgan una amplia gama de ventajas para el uso del IA, incluyendo la toma de decisión mejorada, un control más responsable, un flujo del material más eficiente, eficacia de trabajo creciente, mayor consistencia en calidad del producto y costes de mantenimiento reducidos. El resultado total es la mejora en la productividad y en la calidad del producto. Los sistemas del IA pueden ahorrar energía reduciendo las interrupciones del trabajo, proporcionando mejores programas de control, y de la optimización de la pérdida de calor en los procesos.

Hasta el día de hoy, se ha logrado una sola cosa. Y es que los sistemas sean “Menos tontos”, aunque esto no impide a cientos de investigadores a seguir trabajando para crear una maquina a su imagen y semejanza.

Los científicos siguen investigando ya si recordamos estos sistemas no son capaces de hacer nada si nosotros no le indicamos detalladamente la acción a realizar y que si no se llega a contemplar una acción, el sistema podía llegar a fallar.

#### **1.4 Futuro de la visión artificial**

En un futuro próximo, se espera que la visión artificial brinde una solución completa de los problemas que tienen que ver con la visión artificial, tanto industrial como humana.

Puesto que existen muchas personas en todo el mundo que antes veían normalmente y que por alguna circunstancia perdieron sus facultades visuales, como para aquellas personas con problemas visuales de nacimiento.

También se espera tal y como se mencionó anteriormente, que los avances en la tecnología de visión artificial brinden un aporte inmenso en la realización de procesos repetitivos que requieren de gran precisión y de desgaste físico, y que garanticen la solución a muchos problemas en el campo de la industria como el hecho de supervisar los diferentes procesos mecánicos, para evitar que estos salgan defectuosos.

#### **1.5 Dificultades de la visión artificial**

La visión artificial es un proceso realmente complejo aunque para nosotros sea más bien fácil, ya que no somos conscientes de ello.

A pesar de los avances tecnológicos en los últimos años, la visión artificial se queda muy atrás en comparación con la visión humana puesto que los paradigmas utilizados en la actualidad no han sido capaces de superarla en un 100%.

A continuación se describirán algunas de las dificultades de la visión artificial:

1. Las imágenes son ambiguas.
  - a. Es decir para los sistemas de visión artificial, la información recabada por medio de los algoritmos utilizados no es completa, por lo tanto no es posible por parte del computador tomar decisiones con un margen de error igual a 0%.
2. Las imágenes aglutinan multitud de factores ( forma de los objetos, color y textura de las superficies, parámetros y distorsiones de la cámara)
3. Varios conocimientos Interrelacionados. ( localización, reconocimiento)
4. Gran cantidad de información a tratar ( gran potencia de calculo)
5. Las técnicas poseen un marcado carácter experimental con poca formalización matemática.

La visión artificial a pesar de sus dificultades ha intentado alcanzar ciertos objetivos como por ejemplo:

- Procesamiento de imágenes
- Mejorar la calidad de la imagen
- Reconocimiento de formas
- Interpretación de imágenes



La dificultad de la visión artificial se centra en que la formación de imágenes es la aplicación de muchas y diferentes escenas tridimensionales en una imagen bidimensional.

Por tanto, el problema inverso, “dada una imagen bidimensional se necesita determinar la escena tridimensional de la que procede”, no tiene una única solución, es decir, de sólo una imagen no es posible determinar la escena de la que proviene sin incurrir en ambigüedades.

Las soluciones pueden encontrarse en tomar más imágenes o inferir como es el mundo con todo y sus riesgos. En este segundo caso, la hipótesis debería poderse mantener y entender su razón de ser.

## 2 VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Como se mencionó anteriormente, en todo proceso industrial el control de calidad es una de las etapas más importantes, puesto que a partir de ella es evaluada la calidad del producto final, que a la vez el cliente decide si dicho producto satisface o no sus necesidades. Por tal motivo, surge como una buena alternativa utilizar un sistema de visión artificial capaz de detectar aquellos errores que un operario pudiera pasar por alto<sup>2</sup>

Con la utilización de un sistema de visión artificial se puede incrementar la productividad, flexibilidad, y además disminuir los costes de producción como también automatizar complejas tareas de inspección.

En la actualidad existe disponible en el mercado software y hardware especial para instalar un sistema de visión artificial en cualquiera de las áreas que fueron mencionadas anteriormente. Por ejemplo:

- Web cam
- Tarjetas
- Sensores
- Monitores
- Lentes

Los sistemas de visión se utilizan en un gran número y variedad de aplicaciones industriales y científicas. En procesos de control de calidad como detección y cuantificación de partículas, estudio de formas geométricas, etc.

Gracias a la convergencia de diversas tecnologías tales como procesadores cada vez más rápidos y mejores buses de comunicación, los sistemas de visión artificial se han convertido en una solución práctica y con una relación coste-eficiencia accesible. Son múltiples las razones que pueden hacer de un sistema de visión artificial, el sistema de control de calidad idóneo: Por ejemplo:

- Muestreo de todas las piezas producidas
- Elevada resolución en la inspección
- Alta estabilidad del sistema de control de calidad
- Rápida amortización del sistema y beneficios

Es necesario que los sistemas de visión artificial cuenten con una iluminación adecuada para obtener un verdadero control sobre los procesos ya sea de inspección, medida, clasificación, monitorización y control de aplicaciones industriales.

Iluminar el objeto bajo estudio y su entorno es un paso muy importante en el desarrollo de un sistema de inspección. El objetivo es separar la característica o la parte a inspeccionar del resto de la pieza. Si el rasgo que deseamos medir no es posible separarlo del resto, la inspección presentará dificultades en la medida. Varios factores determinan la iluminación idónea en una aplicación de visión. Los factores incluyen la cámara, las lentes, la luz ambiente y las técnicas de procesamiento de señal utilizadas. En cualquier caso una correcta iluminación facilitará el desarrollo del sistema global.

Existen varias tecnologías para capturar imágenes y será la naturaleza del sistema quien determinará cuál será la más adecuada en cada caso. Las cámaras más comunes son las basadas en CCD por su bajo coste, bajo consumo, buena resolución, durabilidad y facilidad en el manejo. El sensor básico de estas cámaras es una matriz de células fotosensibles que generan y almacenan una carga eléctrica cuando son iluminadas, configurando en su conjunto la imagen que es proyectada sobre ellas. En aplicaciones especiales se utiliza otro tipo de cámaras como las progresivas en las escenas con movimiento rápido, las lineales en inspección de piezas de gran tamaño o las infrarrojas cuando deseemos medir rasgos sensibles a este tipo de radiación.

## **2.1 Procesado de imágenes**

El sistema de adquisición de imagen se encarga de adquirir y digitalizar las señales de video y volcarlas a la memoria del sistema de procesado. La resolución, el número y el tipo de canales de entrada y la velocidad son los parámetros básicos que definen a estos sistemas. En los sistemas de visión basados en PC la adquisición se realiza mediante una tarjeta dotada de un bus de alta velocidad como PCI y puede incorporar procesadores que implementan algún tratamiento de la señal para conseguir mayor velocidad. Una vez adquirida la imagen, las aplicaciones de procesado operan sobre la señal y extraen la información útil de la misma. A continuación se listaran los procesos típicos utilizados para el procesado de imágenes:

- Conteo de partículas
- Estudio de la morfología
- Reconocimiento de patrones
- Procesado de color
- Medida y calibración

La visión artificial o la comprensión de imágenes describe la deducción automática y propiedades de un medio tridimensional en la mayoría de los casos dinámico a partir de una o varias imágenes bidimensionales del mundo.

Las estructuras y propiedades del mundo tridimensional que se quiere deducir en visión artificial incluyen sus propiedades geométricas. En las primeras se haya la forma, tamaño y localización de los objetos; mientras que en las segundas están su color, iluminación, textura y composición.

Si el mundo se modifica en el proceso de formación de la imagen, será necesario también inferir la naturaleza del cambio y prever otro cambio subsiguiente.

Una pregunta fundamental es si la visión artificial es una forma de procesamiento de imágenes o un reconocimiento de patrones.

El procesamiento de imágenes supone su manipulación para lograr mejorarlas en algún sentido, se incluirían aquí todos aquellos procedimientos típicos de la fotografía para eliminar todos aquellos defectos que puedan desvirtuar una imagen.

El reconocimiento de patrones clasifica las imágenes en un contexto determinado en cada ocasión y sobre patrones bidimensionales. La visión artificial trataría de generar descripciones de escenas tridimensionales no restringidas a partir de imágenes bidimensionales.

El propósito de la visión artificial es inferir el estado del mundo físico a partir de imágenes ambiguas y ruidosas del mundo. De las muchas fuentes de información en una escena sólo unas pocas están presentes en la imagen. Además de la información proporcionada por las propias imágenes, a veces es posible tener conocimiento sobre los objetos, su conducta y el contexto. Otro aspecto importante es el que se refiere a la captación pasiva de la imagen, es decir, no influir sobre las condiciones de luminosidad, en lugar de trabajar en lo que se podría llamar captación activa.

La visión artificial se podría definir también como un conjunto de técnicas y modelos que permiten el procesamiento, análisis y explicación de cualquier tipo de información obtenida a través de imágenes digitales. La visión artificial se ocupa del estudio de los métodos que permiten emular la percepción visual.

Aunque algunos de estos métodos son biológicamente plausibles, otros simplemente reproducen el resultado final (ya sea determinar la distancia a un objeto, o identificar un patrón) y su valor es enteramente programático.

La visión artificial por computadora ha basado sus desarrollos en el estudio del sistema visual humano el cual sugiere la existencia de diferentes tipos de tratamiento de la información visual dependiendo de metas u objetivos específicos, es decir, la información visual percibida es procesada en distintas formas con base en las características particulares de la tarea a realizar, por lo que la visión artificial por computadora propone varias técnicas que permiten obtener una representación del mundo a partir del análisis de imágenes obtenidas desde cámaras de video.

Debido a que la información visual es una de las principales fuentes de datos del mundo real, resulta útil el proveer a una computadora digital del "sentido de la vista" (a partir de imágenes tomadas con cámaras digitales o analógicas), que junto con otros mecanismos como el aprendizaje hagan de esta una herramienta capaz de detectar y ubicar objetos del mundo real, el cual es el objetivo principal de la visión por Computadora.

El procesado de imágenes esta relacionado con el manejo y análisis de imágenes por medio de la computadora, y comprende:

- Digitalización y comprensión: Convertir del espacio continuo al discreto (digital). Codificación o aproximación de las imágenes, para salvar espacio en memoria o en el canal de transmisión.
- Realzado, restauración y reconstrucción: mejorar las imágenes degradadas (bajo contraste, borrosidad y ruido). Reconstruir imágenes a partir de un conjunto de proyecciones.
- Igualación, descripción y reconocimiento: Comparación de imágenes unas con otras, segmentación de imágenes en sus diferentes componentes, medición de propiedades y relación entre las diferentes partes, comparación de los resultados con los modelos que definan las diferentes clases de imágenes.

## **2.2 Procesamiento digital de imágenes, técnicas para Segmentar**

Actualmente existen varias técnicas para el procesamiento de imágenes, entre las cuales se pueden mencionar:

- Reducción de datos de la imagen
- Segmentación
- Extracción de características
- Reconocimiento del objeto

### **2.2.1 Reducción de los datos de la imagen**

Todo procesador de imágenes trata de optimizar su funcionamiento de una u otra forma. Uno de los principales puntos en los cuales dichos procesadores de imágenes se ven afectados son los volúmenes de información que pueda tener una imagen. Para ello los procesadores utilizan técnicas como el Conversor digital y/o uso de ventanas para eliminar toda aquella información que a la larga le impedirá ser del mismo un proceso óptimo.

#### **2.2.1.1 Conversión digital**

“Este método es útil para reducir el número de niveles de grises utilizados por el sistema de visión artificial o de máquina. También puede utilizarse para reducir el número de niveles de gris mediante el uso de menos bits para representar la intensidad de luz de píxel”<sup>3</sup>



Cada píxel de una imagen puede tener diferentes valores de grises. Los mismos se recomiendan que sean potencias de dos. Por ejemplo, se puede llegar a tener 256 niveles de grises, 128 niveles de gris, 64 niveles de gris, etc.

Este valor dependerá del número de bits que tenga asignado un píxel. En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo de algunos posibles valores de gris que pueda llegar a tener un píxel y/o el número de bits. En este cuadro el número de Bits esta representado por N. es decir: Si el número de bits para un píxel es igual a 5, entonces el número de niveles de gris que tiene ese píxel es igual a 32 ya que  $2^N$  es igual a 32 (Ver tabla II).

**Tabla II. Número de niveles de gris**

|       |           |     |     |    |    |    |   |   |   |   |
|-------|-----------|-----|-----|----|----|----|---|---|---|---|
|       |           | 256 | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| $2^N$ | Donde N = | 8   | 7   | 6  | 5  | 4  | 3 | 2 | 1 | 0 |

### 2.2.1.2 Uso de ventanas

Como se explicó anteriormente, el proceso de análisis de la imagen no se hace sobre la totalidad de la imagen, si no que se hace en fragmentos de la misma. Estos fragmentos se encuentran almacenados en un área denominada buffer. Por lo tanto la información que se encuentra en el buffer se procesa de tal manera que se obtienen bloques de información de forma rectangular (Como una ventana) lo cual permite hacer dicho proceso y/o análisis únicamente en el área de interés.

## **2.2.2 Segmentación**

“La segmentación es un término general que se aplica a varios métodos de reducción de datos; su objetivo es agrupar áreas de imagen que tengan características similares dentro de entidades distintas, que representen partes de la imagen “<sup>3</sup>

Existen varios métodos para segmentar imágenes, los cuales son utilizados dependiendo del tipo de aplicación y/o proceso que se este haciendo. A continuación se explicaran alguno de ellos.

### **2.2.2.1 Detección de bordes**

Todo método de detección de bordes tiene como objetivo principal visualizar todas aquellas variaciones de intensidad, los cuales nos indican que existen fronteras entre los objetos que se están estudiando.

“El método clásico de detectar bordes en una imagen es aplicar un operador derivada isotópico, tal como el Gradiente. Tal operador dará valores altos en los bordes sin importar sus orientaciones”<sup>2</sup>

Este método es un poco más complejo debido a que se basa en la resolución de integrales sobre la imagen. Ya que otros métodos se basan en plantillas para poder comparar cada uno de los vecinos de cada píxel. “Otro método consiste en ajustar una superficie polinomial a los Niveles de Gris en la vecindad de cada píxel”<sup>2</sup>

### 2.2.3 Extracción de características

“Consiste en distinguir un objeto del otro, para ello se realiza mediante las características que caracterizan a un objeto”<sup>3</sup> Toda característica debe poder ser identificada y medible por cualquier entidad. Siendo una entidad una persona o un proceso de análisis de imágenes. (Ver Figura 2 y 3)

En la (Tabla III). se listaran aquellas características que son muy fáciles de identificar y medir.

**Tabla III. Descripción de características**

| Característica     | Descripción  |
|--------------------|--|
| Área               | Función trigonométrica que dependerá del tipo de objeto o imagen |
| Diámetro           | Función trigonométrica que dependerá del tipo de objeto o imagen |
| Perímetro          | Función trigonométrica que dependerá del tipo de objeto o imagen |
| Nivel de Gris      | Recomendable múltiplo de 2. Ej.<br>512,256,128,64,32,16,8,4,2,1  |
| Centro de Gravedad | Depende tanto de la coordenada "x" como de la coordenada "y"     |
| Delgadez           | Permite saber que tan delgado es un objeto                       |

**Figura 2. Extracción de características de un objeto.**



#### **2.2.4 Reconocimiento del objeto**

Uno de los objetivos principales de la visión artificial ha sido y será el reconocimiento de objetos. Puesto que sin ello la visión artificial no tendría razón de ser. Una vez reconocido un objeto se podría afirmar que más del 55% del proceso ha sido logrado. Actualmente existen dos técnicas de reconocimiento de objetos que han sido de gran ayuda.

#### **2.2.5 Reconocimiento de objetos por coincidencia de plantillas**

“Son un subconjunto de las técnicas estadísticas más generales del reconocimiento de modelos, que sirven para clasificar los objetos en una imagen dentro de las categorías predeterminadas”<sup>3</sup> Toda técnica tiene deficiencias y esta no es la excepción puesto que una de sus debilidades es “comparar el elemento con un conjunto de características del modelo almacenado”<sup>3</sup>

## **2.2.6 Reconocimiento de objetos por medio de estructuras**

Para este tipo de reconocimiento de objetos no deben de faltar dos factores claves es decir: Bordes y Características de un objeto. Puesto que esta técnica se basa en la relación directa entre ambos factores.

## **2.3 Procesamiento de alto nivel (PAN)**

Todo procesamiento de alto nivel de imágenes lleva consigo una serie de pasos a seguir los cuales dependen uno del otro. Con la intención de llevar un orden lógico de tal manera le permita a la siguiente fase del proceso hacer lo suyo de manera óptima. En el procesamiento de alto nivel se describen los procedimientos de como se analiza un objeto.

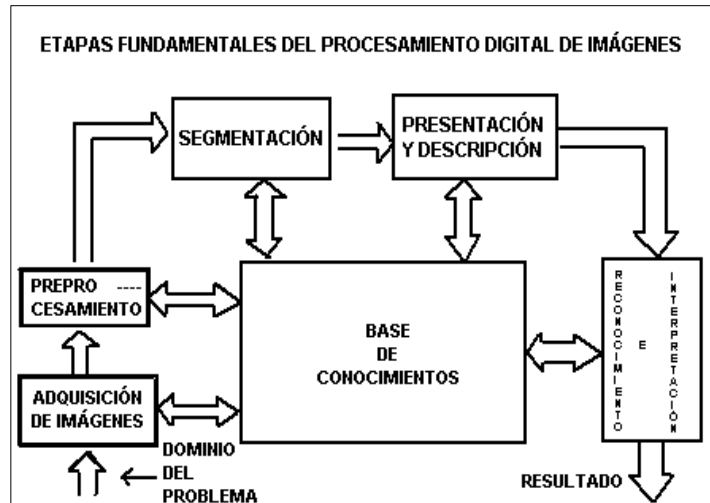
Este procedimiento trata de seguir el siguiente flujo:

Primero se obtiene la imagen del exterior para luego hacer un preprocesamiento de la imagen (Reducción de ruido, Realce de detalles).

Luego de hacer un preprocesamiento de la imagen se procede a segmentar la misma para poder hacer una previa descripción de lo identificado en este paso. Esto se logra hacer puesto que en todos los pasos se comunica con la base de conocimiento quien es la encargada almacenar la información sobre la cual tenemos experiencia. Una vez concluidos estos pasos se dice que la imagen esta lista para ser reconocida e interpretada.

Lo anterior se puede ver de mejor manera por medio de la figura 4.

**Figura 3. “Etapas del Procesamiento de Imágenes”<sup>3</sup>**



## 2.4 Segmentación para el procesamiento de alto nivel de imágenes

Como se mencionó anteriormente la segmentación tiene como “objetivo agrupar áreas de imagen que tengan características similares dentro de entidades distintas, que representen partes de la imagen”<sup>3</sup>

Todos los procesos son de suma importancia al momento de procesar una imagen. Pero la segmentación se dice que tiene cierto grado más de importancia que los otros pasos puesto que dependerá de esta etapa que el reconocimiento y el análisis de la imagen cumplan con los requerimientos.

Este tipo de segmentación lo podemos dividir en Segmentación para el procesamiento de alto nivel utilizando discontinuidad y Segmentación para procesamiento de alto nivel por similitud.

### 2.4.1 Discontinuidad

La discontinuidad trata de segmentar la imagen de tal manera que pueda encontrar características y/o atributos similares. Una vez detectadas esas características se enfoca directamente en los cambios de intensidad de cada uno de los píxeles que tiene la imagen (Ver Figura 5). La discontinuidad no tiene la inteligencia de saber que tipo de forma tiene el objeto o imagen a analizar pero esto lo hace posible por de un análisis de bordes.

**Figura 4. Detección de bordes intensidad, iluminación (blanco-negro).**



Caso contrario sería si se quiere hacer lo mismo pero con una imagen binaria. Ya que este proceso se resume de la siguiente manera.

1. Se posiciona en el punto de inicio de la imagen.
2. Si el siguiente punto cumple con las propiedades del punto anterior continua en dirección (recta) de lo contrario cruzará ya sea a la derecha o izquierda.
3. Este proceso terminara cuando el punto final sea el mismo que el punto en que se inicio dicho proceso.

Lo anterior se puede visualizar de mejor manera por medio de la figura 6.

**Figura 5. Discontinuidad para imagen binaria.**



## **2.4.2 Similitud**

Este usa la fijación de umbrales y el crecimiento de regiones.

## **2.4.3 Fijación de umbrales**

“Es una técnica de conversión binaria en la que cada píxel es convertido a un valor binario, blanco o negro. Esto se realiza mediante un histograma de frecuencias de la imagen y estableciendo la intensidad (nivel de gris) va ha ser el límite entre el blanco y el negro”<sup>3</sup>



Los umbrales globales tienen aplicaciones en situaciones donde existe una clara definición de objetos y entorno, y cuando la iluminación es relativamente uniforme. La luz posterior y las técnicas de iluminación a menudo dan como resultado imágenes que pueden ser segmentadas mediante umbrales locales.

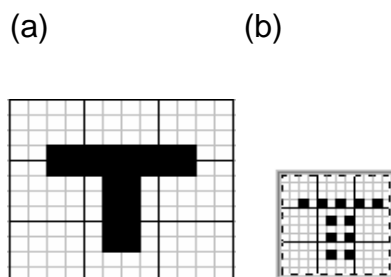
Uno de los aspectos más importantes para seleccionar un umbral es la capacidad de identificar correctamente los picos de intensidad de un histograma dado, ya que resulta más sencillo seleccionar un buen umbral si los picos del histograma son altos, estrechos, simétricos y están separados por profundos valles, porque esto mostraría donde se encuentra la imagen y la concentración del fondo.

#### 2.4.4 Crecimiento de regiones

“Es un conjunto de técnicas de segmentación en la que los píxeles se agrupan en regiones llamados elementos de cuadrícula basada en similitudes de atributos”<sup>3</sup>

Por ejemplo, en las figura 7 (a, b) se pueden analizar sus características con la intención de ver si se puede fusionar o no con otra cuadrícula siempre y cuando exista una relación entre cada cuadro.

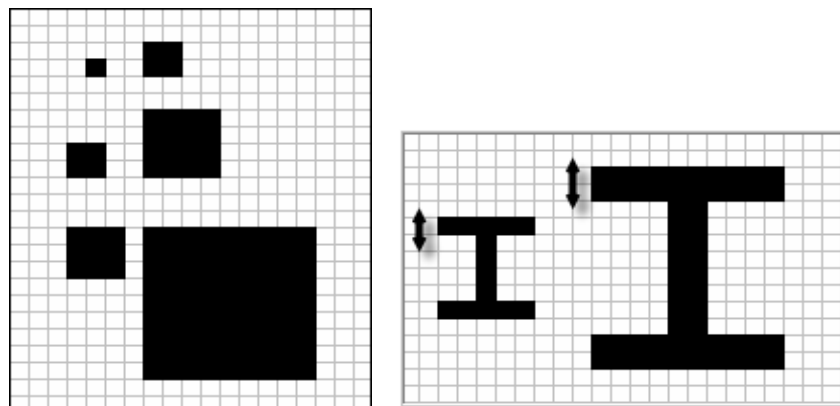
**Figura 6.a Imagen original y 6.b Aplicación de la técnica de crecimiento de regiones.**



La técnica de crecimiento de regiones es una técnica muy simple y sencilla, la cual consiste en la agregación de píxeles. Es decir por ejemplo de la figura 8 contamos con 6 cuadros, los cuales representan píxeles.

Para el primer par de píxeles, el primer píxel esta formado por un cuadro. Si el mismo se quiere maximizar entonces el equivalente a ese píxel sería un píxel formado por cuadro cuadros. Lo mismo pasa con las siguientes parejas de cuadros.

**Figura 7. Crecimiento de regiones**



### **2.4.5 Descripción**

“La descripción en la visión artificial consiste en extraer características de un objeto para reconocerlo. (Ver Figura 9)”<sup>3</sup>

El proceso de descripción debe hacer uso tanto de la base de hechos y de conocimiento, ya que dependerá mucho de su experiencia y de su memoria a largo plazo como para identificar qué tipo de imagen esta procesando.

Hay que tomar en cuenta que lo que pueda significar para un descriptor no necesariamente signifique lo mismo para otro descriptor.

**Figura 8. Imagen con las características de un bebé**



Existen dos tipos de descriptores. Descriptor de frontera y descriptor de región.

### 2.4.5.1 Descripción de frontera

“Usa los códigos de cadena para representar una frontera como un conjunto de segmentos con longitud y dirección especificada”<sup>3</sup>

En la descripción de frontera existe un concepto clave el cual es el código de direcciones, el cual se basa en número binarios. Por ejemplo, las direcciones de código 4 utiliza 2 bits y las direcciones de código 8 utiliza 3 bits (ver tabla IV).

**Tabla IV. Cálculo de código de direcciones**

|       |           |     |     |    |    |    |   |   |   |   |
|-------|-----------|-----|-----|----|----|----|---|---|---|---|
|       |           | 256 | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 0 |
| $2^N$ | Donde N = | 8   | 7   | 6  | 5  | 4  | 3 | 2 | 1 | 0 |

### **2.4.5.2 Descripción de región**

La descripción de región tiene una relación directa con la descripción de frontera, debido a que la misma se basa en la descripción de cada uno de los atributos internos de la imagen. Y estos atributos dependerán de la estructura de su frontera.

“El área de una región se define como el número de píxeles contenidos en su frontera”<sup>3</sup>

### **2.4.6 Reconocimiento**

“El reconocimiento es un proceso de etiquetado; es decir, es identificar a cada objeto segmentado en una escena y asignarle una etiqueta o una marca”<sup>3</sup>

Entre los métodos de reconocimiento se pueden mencionar:

- Reconocimiento por decisión teórica
- Reconocimiento tipo estructural

#### **2.4.6.1 Métodos de decisión teórica**

La base de este método es la estadística. Puesto que utiliza descripciones cuantitativas para poder reconocer o identificar una imagen.

Un ejemplo claro de estos métodos es la técnica de comparación de plantillas la cual es “un subconjunto de las técnicas estadísticas más generales del reconocimiento de modelos”<sup>3</sup>

### **2.4.6.2 Métodos estructurales**

Todo procedimiento, método y/o técnica de reconocimiento se basa en la relación de ciertos patrones o características. Y la técnica estructural no es la excepción, ya que utiliza “descripciones simbólicas y sus relaciones, mediante direcciones de fronteras codificadas en cadena. El principio del reconocimiento estructural es la descomposición de un objeto en patrones básicos”<sup>3</sup>

### **2.4.7 Interpretación**

La interpretación permite reconocer o distinguir a un objeto dentro de una imagen.

El factor clave para que un sistema de visión artificial cuente con un óptimo proceso de interpretación, ya que tanto su base de hechos como su base de conocimientos. Puesto que si cuenta con una gran experiencia y su dominio territorial es suficientemente amplia le será más fácil reconocer o interpretar un objeto.

“Hay gran cantidad de factores que hacen de este tipo de proceso una tarea difícil, como pueden ser las variaciones de iluminación, los cuerpos ocultos, o la geometría de la visión (Ver figura 10)”<sup>3</sup>

**Figura 9. “Imágenes con objetos ocultos”<sup>4</sup>**



## 2.4.8 Estructura de los sistemas basados en conocimiento

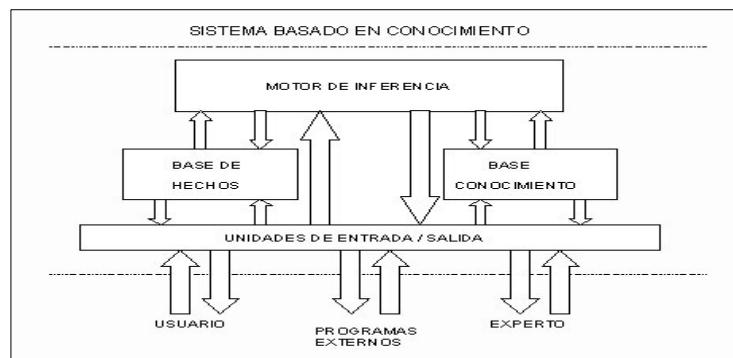
“La arquitectura de un sistema basado en conocimiento de alguna manera refleja la estructura cognitiva y los procesos humanos”<sup>1</sup>

Esta estructura se basa en tres partes principales (Ver figura 11):

1. Memoria de largo plazo y conocimiento
2. Razonamiento
3. Comunicación del sistema y su entorno

La base de hechos es la encargada de la memoria de largo plazo y la base de conocimientos es la que se encarga de ir adquiriendo experiencia ya sea de un área específica o de varias en general estas se encuentran en el nivel medio de la estructura. En su contra parte el motor de inferencia es el que se encarga de resolver todo tipo de problemas de los cuales tiene experiencia ya que es quien tiene asignado la función de razonamiento. Y por último las unidades de entrada y salida son quienes nos facilitan comunicarnos ya sea con los usuarios, programadores externos y/o expertos.

“Figura 10. Estructura de un sistema basado en conocimiento”<sup>1</sup>



“Las ventajas en los sistemas expertos es la modularidad, no hay un solo camino para responder a un problema y son fáciles de leer, lo que simplifica comprobar su consistencia”

#### **2.4.8.1 Fases de adquisición del conocimiento**

- Identificación del problema
- Estructuración del conocimiento
- La arquitectura del sistema y la maqueta
- El prototipo y terminación del sistema

#### **2.4.9 Tecnología de los sistemas basados en conocimiento**

Los sistemas basados en conocimiento los podemos dividir en tres áreas tecnológicas. Es decir:

- Cuando un sistema único se relaciona con el entorno se dice que es un sistema basado en conocimiento de tipo **tecnológico aislado**.
- También esta el caso cuando existen varios sistemas y los mismos se comunican por medio de bases de conocimiento comunes. A este tipo de base de conocimiento se le conoce como **tecnología integrada**.
- Y por último esta la Tecnología Embebida que como su nombre lo indica “está integrado con otros sistemas y no se le distingue” <sup>1</sup>

## **2.4.10 Base de conocimiento, sistemas basados en conocimiento**

Los sistemas basados en conocimiento son “aquellos sistemas computarizados capaces de resolver problemas en el dominio en el cual posee conocimiento específico”<sup>1</sup>

Pero el origen de esta definición surgió con lo que ahora se conoce como Inteligencia Artificial Débil, la cual es un conjunto de “métodos, procedimientos y técnicas generales que se utilizaron cuando nació la inteligencia artificial para resolver problemas orientados a aplicaciones”<sup>1</sup>

Existen tres maneras para distinguir a los sistemas basados en conocimiento de los programas y/o algoritmos convencionales basados en búsqueda. Es decir: Primero que nada se debe separar todo tipo de conocimiento y la manera en que el mismo es utilizado. Además, se debe de tomar en cuenta el tipo de conocimiento utilizado, ya que este tipo debe ser Heurístico y no algorítmico. Y por último el tipo de conocimiento debe formar parte de un dominio en particular.

Además, de lo antes mencionado existen otras características que identifican a los sistemas basados en conocimiento las cuales son: Un sistema basado en conocimiento puede ser fácilmente modificado, tiene respuestas coherentes para preguntas fáciles o difíciles, tiene disponibilidad casi completa, “tiene la capacidad de resolver problemas disponiendo de información incompleta y de explicar los resultados y la forma de obtenerlos”<sup>1</sup>



## **2.5 Problemas asociados a la inteligencia artificial débil**

La inteligencia artificial débil fue de mucha ayuda para los sistemas basados en conocimiento, pero el mismo tiene una serie de problemas. Los cuales se trataran de describir: “Las soluciones que este método propone no siempre son mejores o correctas, su dominio es menor al dominio de un experto, carece de sentido común y es muy difícil extraer todo el conocimiento que maneja un experto”<sup>1</sup>

### **2.5.1 Experiencia, habilidades y conocimiento**

Actualmente existen muchos tipos de experiencia, pero para los sistemas basados en conocimiento son únicamente tres los que le interesan y los mismos están divididos en tres categorías.

- Asociativa: Debido a que una de las virtudes de los sistemas basados en conocimiento es la representación de conocimiento asociativo.
- Motora: Uno de sus secretos de la experiencia motora es “que es más física que cognitiva, por lo que su habilidad la adquiere fundamentalmente a través del ejercicio y la práctica física constante”<sup>1</sup>
- Teórica: “Esta experiencia se puede adquirir por medio tres de formas: entrenamiento, estudio formal y resolución directa de problemas”<sup>1</sup>

## 2.6 Motor de inferencia

El motor de inferencia es el único que tiene una relación directa con todos los involucrados en la estructura del sistema basado en conocimiento. Ya que por ejemplo, si recibe alguna petición de las unidades de entrada y Salida lo primero que hace es comunicarse con la base de conocimiento ya que es allí donde se almacena toda la experiencia del sistema y por ende será allí donde tratara primero de interpretar y evaluar lo solicitado. Si por algún motivo no es suficiente lo encontrado en la base de conocimiento hará uso de la base de hechos de tal manera que pueda identificar hechos que hayan ocurrido anteriormente ya que dicha base de hechos es la encargada de la memoria a largo plazo. Una vez el motor de inferencia haya conseguido el requerimiento se comunica con las unidades de entrada y salida para promocionar el mismo.

Existen muchas características por las cuales un motor de inferencia puede ser muy fácilmente identificado de las cuales se mencionaran las siguientes (ver tabla V).

**Tabla V. Características de motor de inferencia**

| Característica   | Descripción  |
|--|--|
| Lenguaje de programación                               | Lenguaje de programación el cual fue desarrollado.   |
| Velocidad  | Inferencias / Segundos (Velocidad de Trabajo)  |
| Estrategias de búsqueda                                | Ordenada (Encadenamiento hacia delante y hacia atrás) y No Ordenada (Aleatoria y Heurística) |
| Habilidad  | Habilidad en que elige su conocimiento   |
| Tipo de Lógica utilizada                               | Booleana, difusa, monotónica, no monotónica, temporal, a temporal                            |
| Forma de evaluar el conocimiento incompleto o incierto | Difuso, aproximado, determinístico, robabilística  |

## **2.6.1 Identificación de patrones**

“La identificación de patrones se basa en reconocer reglas aplicables tomando como base un estado particular de la base de datos. Esta operación determina cuáles son las reglas potencialmente aplicables en un estado dado de la base de datos”<sup>1</sup>

La identificación de patrones también es conocida como filtrado. Para algunos esta operación suele ser ineficiente ya que antes de iniciar la identificación procede a seleccionar las reglas.

A la identificación de patrones también se le conoce como filtrado, ya que como su nombre lo indica tiene la capacidad de encontrar de manera más rápida (haciendo una analogía con un índice) reglas cuya precondition se satisfaga. Una regla esta formada por dos partes. La primera se llama Precondición la cual puede ser de tipo deductiva “If premisa then conclusión” y la parte a ser probada se llama “disparador o activador (trigger) es siempre una fórmula bien formada ya sea de lógica preposicional o de lógica de primer orden”<sup>1</sup>

## **2.6.2 Ejecución de reglas**

Una vez las reglas aplicables han sido identificadas o filtradas se procede a ejecutarlas. Pero por ejemplo, si la identificación de patrones encontró no solo una regla posible para ser ejecutada entonces se ejecuta la que la estrategia de control crea que es la más óptima. En resumen, se puede decir que una regla se encarga de modificar o ampliar el dominio sobre el cual tiene experiencia (Base de Conocimiento) como también aumentar su memoria de largo plazo que seria la modificación de la base de hechos.

### 2.6.3 Fase de restricción

La fase de restricción es una fase muy importante debido a que aquí es donde se define que se puede y que no se puede hacer. “La restricción también puede estar especificada explícitamente por el experto para utilizar reglas dentro de las reglas, es decir, meta reglas.”<sup>1</sup>

Por ejemplo en la fase de restricción se debe definir si debe o no ser retenida alguna regla, se debe definir que tipo de prioridad se utilizará como también el tipo de ordenamiento de cada regla.

### 2.6.4 Fase de selección

Todas las fases son muy importantes pero la fase de selección es un poco más crítica, ya que debe de seleccionar una de las reglas proporcionadas. Pero la selección no es tan simple, ya que la misma dependerá si hay una o varias reglas. Es decir: Si solo hay una regla esta fase será muy simple ya que seleccionará la única regla que posee. Pero si existe más de una regla entonces puede hacer la selección de dos formas: La mas simple es realizando una **búsqueda de anchura**, la cual es una selección secuencial y la misma ejecuta regla por regla hasta que se cumpla o no la condición final. Y la mas compleja es la heurística la cual interactúa directamente con la base de datos ya que la misma la procesa y la modifica. A esta forma de selección se le conoce comúnmente como búsqueda de profundidad.

La estructura de una regla es muy sencilla, ya que son de tipo condicional o IF. Por Ejemplo: ***IF Premisa Then Resultado1 Else Resultado2***

Un ejemplo sencillo que ilustra cómo representar conocimiento a través de reglas:

Afirmación:

Todos los maestros son Ingenieros

Representación Lógica - Matemática:

En esta representación la variable  $x$  constituye el conjunto de todas las personas posibles, MAESTRO representa la relación "SER MAESTRO" e INGENIERO la de "SER INGENIERO". Representación en Sistema Experto (SE):

SI ( $x$  ES MAESTRO) ENTONCES ( $x$  ES INGENIERO)

## **2.6.5 Inferencia o extracción de conclusiones**

Como todo tipo de problema una conclusión es el resultado de la definición de ya sea un objetivo general y/o específico de un problema en particular. En este caso el "Motor de Inferencia el cual a través de la activación y encadenamiento de reglas trata de llegar a una solución"<sup>1</sup> Por ejemplo:

Objetivo:

"Es Juan Elvira Ingeniero"?

Solución:

Al aplicar la regla: SI ( $x$  ES MAESTRO) ENTONCES ( $x$  ES INGENIERO)

Se debe chequear, como precondition de activación, el cumplimiento de la relación:

MAESTRO ("Juan Elvira")

Se debe chequear la base de Axiomas o Afirmaciones:

MAESTRO ("Juan Elvira") existe en la base de axiomas, por lo que la precondition es verdadera.

Teniendo esta precondition se puede afirmar que Juan Elvira es Ingeniero.

### **2.6.6 Encadenamiento de reglas**

El encadenamiento de reglas no es más que la ejecución de dos o más reglas de manera consecutivas. La cual la ejecución de una segunda regla dependerá de un resultado. Este tipo de ejecución de reglas se divide en encadenamiento hacia delante y hacia atrás.

### **2.6.7 Encadenamiento hacia delante**

Este tipo de encadenamiento se basa tanto en el objetivo planteado al inicio del problema como con la conclusión obtenida al momento de finalizar el problema. Es decir se ejecutara una regla tomando en cuenta un primer objetivo y se ejecutara o no otra regla dependiendo de la conclusión obtenida. Este proceso se realizará las veces que sea necesario, hasta que obtener un resultado ya sea negativo o positivo. Y el ciclo terminara hasta que se detecte que no se pueden hacer más encadenamientos.

## 2.6.8 Encadenamiento hacia atrás

Este tipo de encadenamiento también se basa tanto en los objetivos como en las conclusiones. Pero difiere con el encadenamiento hacia delante ya que este se podría interpretar que es de doble vía es decir:

“Dado un objetivo, trata de buscar una regla que permita establecer dicha conclusión, el proceso se repite hasta encadenar con la regla cuya conclusión satisfaga el objetivo propuesto o se detecte que dicho problema no se puede resolver positivamente. “<sup>1</sup>

Por ejemplo: Se necesita validar si la afirmación “el color “X” es un color primario” es cierta o no.

Entonces.

IF (X ES (ROJO or AMARILLO or AZUL) entonces (X = PRIMARIO)

Pero si se esta utilizando un encadenamiento para atrás se debe hacer otra proposición la cual verificara si esas cuatro letras están dentro del grupo de colores (ROJO, AMARILLO Y/O AZUL)

### **3 VISIÓN ARTIFICIAL E IMÁGENES CIENTÍFICAS**

Con los avances tecnológicos en los últimos años la visión artificial se ha visto beneficiada enormemente, ya que ahora se puede encontrar en el mercado procesadores de alto nivel de procesamiento de información, cámaras con resoluciones las cuales permiten obtener hasta los más mínimos detalles de las imágenes.

Con estos avances la cartera de proveedores de estos productos también se ha incrementado lo cual permite hacer una elección de quien ofrece el mejor producto y el mejor precio.

Y lo más resaltado de esto es que ahora ya nada impide a los desarrolladores crear aplicaciones relacionadas con la visión artificial puesto que existe en el mercado todo lo necesario para crear una aplicación de gran calidad.

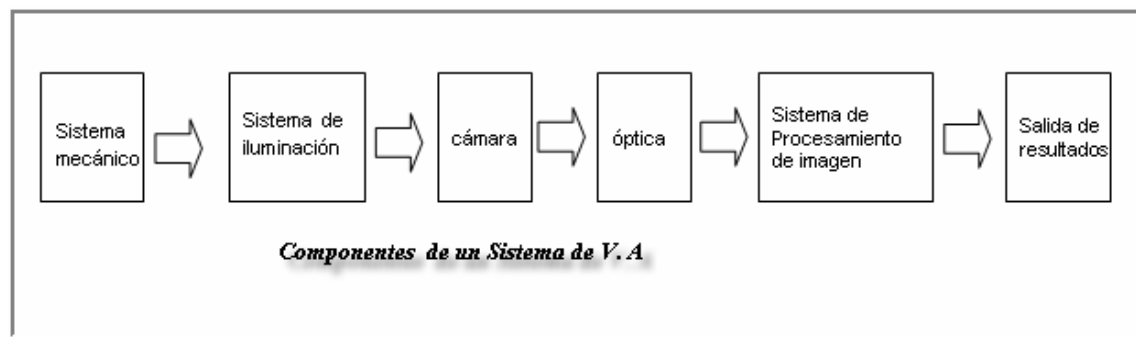
#### **3.1 Componentes de un sistema de visión artificial**

La mayoría de los sistemas de visión artificial industriales cuentan con un mínimo de componentes o subsistemas para que dicho proceso de visión dé como resultado cada uno de los requerimientos por los cuales fue desarrollado.

En la (figura 12) se muestra una estructura estándar de los componentes de un sistema de visión artificial.



**Figura 11. Estructura general de un sistema de visión artificial por computador**



### **3.2 Sistema mecánico**

Todo sistema de visión artificial busca o trata minimizar la intervención humana, salvo en procesos de supervisión. Por tal motivo pueda ser de suma importancia en algunos casos (Sistema de visión artificial industrial) el uso de un sistema mecánico el cual su función principal sería de proveer productos para que el sistema de visión obtenga las imágenes de dichos productos.

El sistema mecánico con el sistema de visión deben estar completamente sincronizados dado que al momento que el sistema de visión tome la foto de la imagen, el sistema mecánico debe de tener el producto en el momento exacto y posición exacta para que esa imagen cumpla con los requerimientos.

### **3.3 Sistema de iluminación en visión industrial**

El sistema de iluminación es uno de los componentes de visión artificial que se debe de tratar con mucho cuidado al momento de definir dicho sistema. Puesto que la calidad de una imagen depende en gran medida a la iluminación.

Por ejemplo, en la siguiente figura 13 se muestran tres imágenes con distinta iluminación. Donde: En la figura 13.A se visualiza la imagen con un 80% de oscuridad. Figura 13.B. Imagen originales Figura 13.C. Se visualiza la imagen con un 60% más de luz. Por lo que se debe dedicar mayor atención a este componente, ya que en la actualidad dicho componente no es valorado como debería ser.

**Figura 12. Diferentes iluminaciones**



**13.a**

**13.b**

**13.c**

### **3.4 Cámara**

Las cámaras por decirlo de alguna manera son los ojos de un sistema de visión artificial. Entre características que se deben de tomar en cuenta el momento de elegir una cámara podemos mencionar:

- Velocidad de Captura de la imagen
- Controlabilidad
- Resolución

Las cámaras deben de estar completamente ligadas al procesador de imágenes, puesto que una vez que es capturada la imagen ésta es enviada al sistema de procesamiento de imágenes. Una forma de obtener la imagen de forma automática es por medio de la utilización de sensores.

### **3.5 Procesador de Imágenes**

El sistema procesador de imagen es el área sobre el cual el mundo de la visión artificial se ha visto más beneficiada debido a los grandes inventos que se han venido dando a lo largo de los últimos años. Como se mencionó anteriormente, el procesador de imágenes está estrechamente ligada al componente de cámara, ya que una vez la cámara (Análoga / Digital) captura la imagen ésta es enviada de manera análoga hacia el sistema de procesador el cual la transforma a una imagen digital de tal manera que un computador pueda la pueda entender, interpretar y procesar. Pero ahora con el aparecimiento de las cámaras digitales, éste proceso es más rápido porque se evita el paso de conversión de análoga a digital.

### **3.6 Resultados**

Como su nombre lo indica esta es la fase que brinda los resultados al usuario final. Por lo que también es de vital importancia puesto que por medio de esta fase el sistema de visión artificial será evaluado.

Estos resultados son mostrados por medio de alguna pantalla o aplicación al operador, la cual permitirá el análisis y toma de decisiones de los resultados obtenidos. Lo recomendable en esta fase es que los resultados deben ser entendibles por cualquier operador que tenga una mínima base de conocimientos de sistemas informáticos.

## **4 VISIÓN ARTIFICIAL EN DOS DIMENSIONES**

“El objetivo principal de la visión artificial es derivar la descripción de una escena, analizando una o más imágenes de dicha escena. En algunas situaciones la escena misma es básicamente bidimensional”<sup>2</sup>

### **4.1 Proceso de visión bidimensional (P.V.B.)**

El proceso de visión bidimensional (V.B) esta formado por una serie de subprocesos que son de gran importancia para poder cumplir de una manera eficaz con su objetivo principal. El cual es reconocer partes de objetos y/o superficies bidimensionales.

Entre los subprocesos que forman parte del proceso de visión bidimensional están: Segmentación, Análisis geométrico y Comparación de estructuras

#### **4.1.1 Segmentación para el P.V.B**

El proceso de segmentación no es más que la distinción de los objetos de interés del resto de la superficie: Es decir, el proceso de segmentación debe ser capaz de “destacar” partes de la imagen que corresponde a esos objetos.

#### **4.1.2 Análisis geométrico en (V.B.)**

Una vez segmentado el área de interés se debe hacer un análisis geométrico de cada unos de los objetos.

Este tipo de análisis se debe hacer ya que por medio del tamaño o forma se puede saber si dicho objeto forma parte de un subconjunto de objetos anteriormente identificados.

Haciendo una analogía con el cerebro humano se puede decir lo siguiente: Suponiendo que un ser humano tiene vendados sus ojos, pero le piden que con sus manos toque un objeto que de hecho el ignora qué tipo de objeto es. El inmediatamente después de tocarlo puede saber si dicho objeto tiene ya sea forma cuadrada, triangular, circular, etc. Esto lo logra debido a su experiencia, ya que dentro de su base de hechos y conocimientos ha identificado que dicho objeto ya lo ha tocado antes.

### **4.1.3 Comparación de estructuras**

Este método se basa en “descomponer en etapas el proceso de reconocimiento: Detectar primero subobjetos y reconocer sus propiedades, y luego reconocer los objetos como combinaciones de esos subobjetos en relaciones específicas.”<sup>2</sup>

## **4.2 Segmentación para (V.B)**

El concepto en sí de la Segmentación para V.B no varía en nada con relación a la visión plana y tridimensional. Ya que la misma tiene como objetivo agrupar distintas áreas de una imagen que tengan características similares. Con la única diferencia que en la segmentación bidimensional se utilizan imágenes que en el fondo son “matrices de números que representan valores de iluminación en puntos regularmente espaciados de la imagen de una escena”<sup>2</sup>

### **4.3 Establecimiento de umbrales**

Un umbral es utilizado como filtro para editar colores dentro de imágenes como también para delimitar imágenes utilizando únicamente los colores blanco y negro. Como el umbral es utilizado como un delimitador. Podemos decir lo siguiente: Si el brillo de una parte de la imagen difiere del resto de la imagen esa diferenciación ocasionará el establecimiento de un umbral.

“Una forma de establecer un umbral es tener el control absoluto de la iluminación de la escena y de la calibración del sensor. Con esto podríamos segmentar correctamente escenas de una determinada clase”<sup>2</sup>

### **4.4 Bases de la visión en color para máquinas**

Toda imagen a color esta formada por una serie de puntos. Los cuales cada punto esta formado por la combinación de tres números (si se quiere ver a nivel matemático) y los mismos representan la porción utilizada del color azul, rojo y verde. Pero hay que tomar en cuenta que la tripleta de puntos que representa a un punto en el monitor de un computador es totalmente diferente si queremos ver ese mismo punto sobre una hoja impresa. Ya que si deseamos ver un punto “X” sobre una hoja impresa se debería de utilizar la tripleta (Cian, Magenta y Amarillo en lugar que Rojo, Verde y Azul).

### **4.5 Análisis de textura**

Cada punto de una imagen tiene ciertas propiedades las cuales nos permiten poder identificar, agrupar y/o segmentar una imagen de mejor manera.

Esta agrupación se da siempre y cuando un conjunto de puntos tienen en común características o patrones similares.

Un método potente comúnmente utilizado desde hace ya mas de 20 años es aquel que “Identifica texturas por medio de operaciones de adelgazamiento y expansión de regiones y analizar sus resultados”<sup>2</sup>

#### **4.6 Análisis geométrico**

Para poder hacer un análisis geométrico de una imagen se necesita contar con valores numéricos. Pero para obtener estos valores numéricos se puede hacer uso de lo que ahora se conoce como Visión Binaria. La cual tiene únicamente dos respuestas para cada pregunta. Por ejemplo si se quiere hacer una analogía podemos tener: hombre – mujer, vivo – muerto, blanco – negro (En este caso solo tenemos dos posibles resultados. Es decir pueda que sea blanco o negro más no gris).

Por lo tanto, se puede hacer un análisis geométrico por medio de valores cero y uno de una imagen (ver tabla VI).

**Tabla VI. Análisis geométrico**

| Valor | Pertenece a |
|-------|-------------|
| 0     | Fondo       |
| 1     | Región      |

## **4.7 Conectividad y bordes**

El proceso de conectividad inicia con la segmentación. Cabe mencionar que dicha segmentación no tiene inteligencia por si sola, es decir. Si se tiene una imagen el proceso de segmentación da como resultado el conjunto de píxeles de toda la imagen. En este punto el proceso de segmentación no puede distinguir los objetos existentes dentro de la imagen.

Para poder distinguir dichos objetos es necesario identificar patrones o marcas que permitan aislar a un objeto de otro. “Este proceso comúnmente es llamado MARCACION DE COMPONENTES CONECTADOS”<sup>2</sup>

## **4.8 Representaciones geométricas**

Hasta este momento se ha dicho que una imagen puede ser representada únicamente por medio de la visión binaria. Es decir que solo puede ser representada por medio de un 0 o 1. Pero además de la antes mencionada existen muchas más pero de esas se mencionaran las tres mas conocidas:

- Código de longitud de secuencia
- Código de encadenamiento
- Árbol tetrafurcado (“guadtrees”)

### **4.8.1 Código de longitud de secuencia**

“Cada fila de la imagen binaria consiste en secuencias de unos alternadas con secuencias de ceros. Así que una fila se determina completamente con especificar el valor inicial cero o uno y las longitudes de las cadenas”<sup>2</sup>



Este tipo de código trata de no escribir la totalidad de valores si no que trata de hacer un resumen de todos los valores que existen por decirlo así en una fila de la imagen.

Por ejemplo, si se tiene esta secuencia de caracteres.

NNNNNOOOOOEEELLLLLJJUUUUAAAAARRREZZZZZ

Lo que hace el código de longitud de secuencia es tratar de reescribir esa misma secuencia de caracteres de la siguiente manera.

5N5O3E6L2J4U5A3RE6Z

#### **4.8.2 Código de encadenamiento**

“La secuencia de movimientos hechos al seguir un borde, junto con las coordenadas del punto de arranque, determinan completamente dicho borde; esta secuencia de movimientos se denomina el código de encadenamiento del borde.”<sup>2</sup>

Al momento de identificar los bordes de una imagen se puede decir que en ese momento ya se cuenta con una región de dicha imagen. Por lo tanto, una vez identificada dicha región se procede a listar todas las propiedades de la misma.

#### **4.8.3 Árbol tetrafurcado (“guadtrees”)**

“El árbol tetrafurcado es una representación geométrica que divide de manera recursiva una imagen binaria en cuadrantes”<sup>2</sup>

Esta recursividad terminará hasta que el proceso determine que los píxeles de un bloque completo sean totalmente iguales.

Se le llama estructura de árbol, ya que la recursividad la hace en forma de árbol de cuatro ramas. Se hace de esta manera puesto que los cálculos geométricos son más fáciles de hacer sobre un árbol que por ejemplo una lista.



## **5 ALGORITMO DE SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES**

Es necesario recalcar primero que todo algoritmo de segmentación de imágenes tiene como objetivo principal detectar regiones de interés.

Existen muchos métodos de segmentación, principalmente para blanco/negro y color. Para la segmentación en color se puede hacer una distinción en dos grandes grupos:

- Los que trabajan directamente sobre el espacio de la imagen
- Los que trabajan sobre el espacio de representación color

### **5.1 Segmentación sobre el espacio de la imagen**

Este tipo de segmentación predominó hasta que surgió la inteligencia artificial y junto con ello sus propias herramientas para segmentar imágenes. Además se caracterizaban por que la segmentación la hacían de dos formas diferentes es decir. Dicha segmentación se hacia ya sea por detección de contornos o por crecimiento de regiones lo cual se describió en el capítulo 2.

### **5.2 Segmentación sobre la representación del color.**

Para poder representar un color es necesario hacer algún tipo de análisis de datos. En este caso será un análisis de píxeles que representan dicho color.

Existen muchas técnicas que hacen dicho análisis de datos; “entre las mas utilizadas esta la técnica (ACP) o Análisis de Componentes Principales”<sup>5</sup>

Este tipo de análisis de datos o de píxeles permiten hacer una clasificación de colores con la intención de discriminar la información que no le será de utilidad.

### **5.3 ACP**

Una de las características principales de la técnica ACP es de que a partir de la información recaba tiene la capacidad de crear nuevos parámetros los cuales le podrán servir para segmentar y/o analizar la imagen de mejor manera.

La técnica ACP tiene varios puntos a su favor, los cuales hacen que esta técnica sea una de las más utilizadas en el mundo de segmentación de imágenes. Es decir: “Hace una simplificación de la clasificación para representar de mejor manera el color así como también trata de reducir dimensiones físicas como (3D, 2D o 1D)”<sup>5</sup>

### **5.4 Segmentación semiautomática**

“Este tipo de segmentación tiene la capacidad de manipular la información sin distorsionarla”<sup>5</sup> Para tener una mejor apreciación de dicha técnica se mostrara a continuación el algoritmo de segmentación utilizado para la misma:

## 5.5 Técnicas de división espacial

El espacio sobre el cual se encuentra un objeto esta formado regularmente ya sea por 2 ó 3 ejes. Es Decir Eje XY o XYZ. Actualmente este espacio se puede dividir utilizando alguna de las siguientes técnicas.

- Talla
- Orden
- Centro móvil
- Tamaño – centro móvil u orden – centro móvil

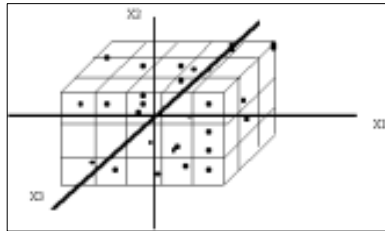
A continuación se describirán las más comúnmente utilizadas.

### 5.5.1 Talla (Véase figura 14)

“Tomamos sobre cada nuevo eje coordenado los valores externos y dividimos este rango máximo-mínimo entre el número de particiones deseadas, de tal forma que ese será el valor de los incrementos para cada paralelepípedo sobre cada dimensión”<sup>5</sup>

Con lo anterior logramos que el número de particiones en que el usuario decidió dividir el espacio queden de un mismo tamaño o con la misma cantidad de píxeles.

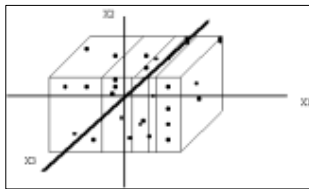
**“Figura 13. Clasificación por talla”<sup>5</sup>**



### **5.5.2 Orden (Véase figura 15):**

La intención de esta técnica es agrupar todos los elementos en grupos iguales. Es decir se debe de tratar de que cada (Poliedro de seis Caras) contengan la misma cantidad de elementos.

**Figura 14. “Clasificación por orden”.<sup>17</sup>**



### **5.5.3 Centro móvil**

“Consiste en tomar tantos elementos al azar como clases se desean construir, inicialmente cada elemento escogido va a construir su clase en función de una distancia euclidiana”<sup>5</sup>

## **5.6 Espacio de representación color retenido**

A continuación se describirán tres tipos de espacio de representación de color. El espacio LAB, RGB y XYZ.

### **5.6.1 Espacio LAB**

“Es un espacio obtenido a partir de los componentes RGB mediante una transformación no lineal”<sup>5</sup>

El espacio LAB se basa principalmente en la luminosidad, tono y saturación. Es Decir L: Luminosidad, A: Tono y B: Saturación.

Donde luminosidad es el número de partículas por unidad de superficie y por unidad de tiempo en un haz. Saturación es el valor inverso de la cantidad de gris que contiene una imagen y Tono es la cantidad de brillo que contiene una imagen en una zona en particular.

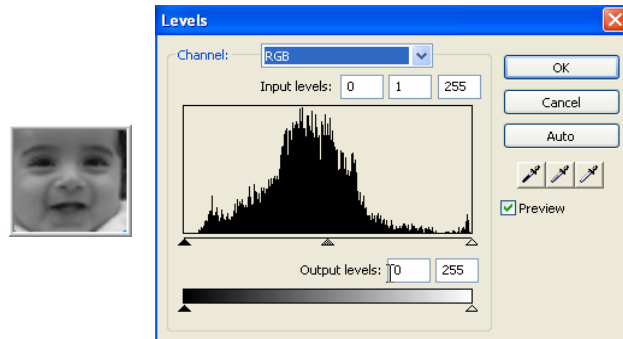
### **5.6.2 Espacio RGB normalizado**

El espacio RGB esta formado por los colores Rojo, Verde y Azul. Es importante mencionar que el espacio RGB es utilizado para todo tipo de monitores puesto que es un modelo que se basa en colores Luz.

Por ejemplo La figura 16 muestra la grafica RGB de la foto de un bebé.

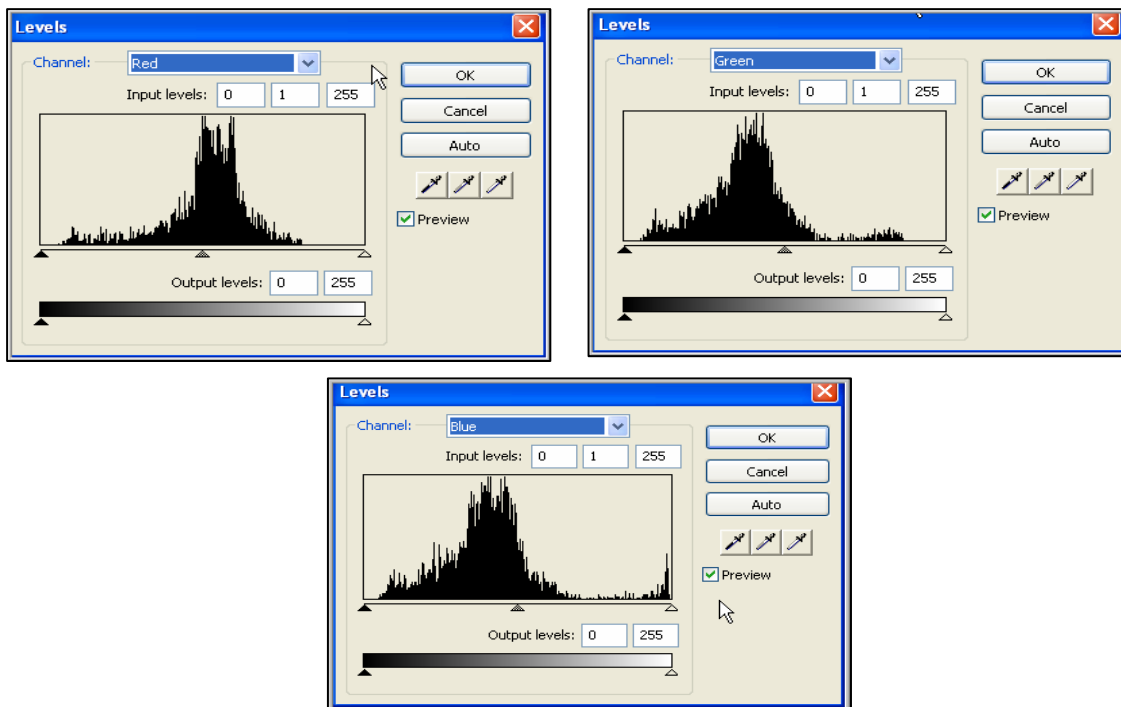


**Figura 15. Representación gráfica (RGB) de una imagen**



Pero si descomponemos la anterior gráfica en cada uno de sus tres colores tenemos lo siguiente (ver figura 17).

**Figura 16. Representación gráfica en cada una de sus valores R, G, B de forma separada**



## 6 TEORÍA DEL COLOR

### 6.1 Colores primarios

“Un color primario es aquel que no se puede crear mezclando otros colores en un cierto espacio de colores”<sup>6</sup> Pero cabe mencionar que los colores primarios si se pueden mezclar entre si para producir la mayoría de colores de un cierto espacio de colores. Al mezclar dos colores primarios se produce lo que se conoce como color secundario. Y al mezclar un color secundario y un primario o tres colores primarios se produce un color terciario.

Ejemplo:

Colores Primarios:

Rojo, Amarillo y Azul

Colores Secundarios:

Rojo + Azul = Violeta

Rojo + Amarillo = Naranja

Amarillo + Azul = Verde

Color Terciario:

Mezcla:

- Rojo con Morado
- Rojo con Naranja
- Rojo con Verde
- Azul con Morado
- Azul con Naranja
- Azul con Verde

- Amarillo con Morado
- Amarillo con Verde
- Amarrillo con Naranja

## **6.2 Modelos de color**

Actualmente existen varios modelos de color entre los cuales podemos mencionar el Modelo RYB, RGB, CMY, CMYK y el Circulo Cromático.

Dichos modelos surgieron a partir de que Goethe (Johann Wolfgang Von Goethe) quien era un novelista, poeta, científico, geólogo, botánico, arquitecto, economista, físico, diseñador, director de teatro y Pintor y a la vez propuso un círculo de color simétrico que con un enfoque mas empírico le permitió admitir el papel esencial del magenta en un círculo de color.

### **6.2.1 Modelo RYB**

El modelo de color RYB está compuesto por los colores rojo, amarillo y azul que son los colores primarios.

“El Modelo RYB tiene una limitante debido a que no representa con exactitud los colores que deberían resultar de mezclar los colores RYB primarios y aunque fue reconocido como un modelo incorrecto aun sigue siendo utilizado en el Arte”<sup>1</sup>

## **6.2.2 Sistema de color aditivo**

Este sistema implica que se emita luz directamente de una fuente de iluminación de algún tipo. Este proceso normalmente utiliza luz roja, verde y azul para producir los el resto de colores.

Este modelo al combinar uno de los colores primarios con otro en proporciones iguales produce los colores aditivos secundarios: Cian, magenta y amarillo. Entre las aplicaciones prácticas más comunes de la síntesis aditiva tenemos las televisiones y los monitores.

## **6.2.3 Modelo de color RGB**

Este también es llamado modelo RGB o el espacio de color RGB. Las siglas RGB significan Rojo, Verde y Azul. Como este modelo se basa en los colores luz se tiene que el color negro se presenta cuando ningún color luz existe o esta presente.

“Los colores luz tienen aplicación en monitores, ordenadores, televisiones, proyectores y todos aquellos que utilizan combinaciones de fósforos rojos, verdes y azul”<sup>1</sup>

## **6.2.4 Modelo CMY**

El modelo CMY es el mapeo del color Aditivo al color Sustractivo o dicho en otras palabras es la inversa del color RGB, ya que en este modelo “el color negro es formado por la mezcla de todos los colores y el blanco seria la ausencia de cualquier color asumiendo que el color de papel sea blanco”<sup>1</sup>

Este modelo también es llamado Modelo de color Sustractivo, el cual explica la teoría de la mezcla de pinturas, tintes, tintas y colorantes naturales que crean colores que absorben ciertas longitudes de ondas y reflejan otras. Como regla se dice que todo color que no es color Aditivo es un color Sustractivo.

Hasta este momento no se conocen otros sistemas de mezclas de colores, excepto el sistema imperfecto que se da al mezclar pigmentos reales, aunque esto se considera algo confuso.

En la impresión en color, se utilizan principalmente las tintas cian, magenta y amarillo.

## **6.2.5 Modelo de color CMYK**

El modelo CMYK (Acrónimo de Cyan, Magenta, Yellow y Key) es un modelo de colores sustractivos utilizado en la impresión a color. Donde Key se refiere al color negro.

### **6.2.5.1 Uso de la tinta negra**

Como en este mundo no todo es perfecto. Se debe de utilizar el color negro (“puro”) con los colores cian, magenta y amarillo para obtener valga la redundancia el color negro.

Esto se debe hacer debido a que si solo se mezclan los colores primarios C,M y Y no se tendrá un excelente color es decir se obtendrá un color fiel por lo que además de los antes mencionados será de suma importancia agregar el color negro a la lista. Este tipo de procedimiento se le conoce comúnmente como Impresión a cuatro tintas.

Por que es importante el uso de la tinta negra:

- Porque si se quiere formar solo el color negro mezclando las tres tintas puede humedecer el papel si no se utiliza un toner seco. Ya que para impresiones veloces es necesario que el papel se seque rápidamente para evitar que se marque la siguiente hoja.
- Existe un gran ahorro al utilizar una unidad de tinta negra en vez de tres unidades de tintas.

### **6.2.6 Comparación y conversión entre RGB y CMYK**

El modelo CMYK o cuatro tintas generan mejores resultados con mayor contraste. Y como se mencionó anteriormente, “el color visto en el monitor de una computadora pueda ser diferente al color del mismo objeto en una impresión”<sup>1</sup>

Existen diferentes métodos para convertir un color RGB a su equivalente CMYK y viceversa. Y se dice que una conversión de RGB a CMYK es irreversible pero si es reversible la conversión de colores CMYK a RGB.

Esta conversión es la inversa de la conversión de RGB a CMYK. “Ya que primero se debe convertir de CMYK a CMY y de CMY a RGB”<sup>1</sup>

---


$$\begin{aligned}
t_{CMYK} &= \{C, M, Y, K\} \\
t_{CMY} &= \{C', M', Y'\} \\
&= \{C(1 - K) + K, M(1 - K) + K, Y(1 - K) + K\} \\
t_{RGB} &= \{R, G, B\} \\
&= \{1 - C', 1 - M', 1 - Y'\} \\
t_{RGB} &= \{1 - (C(1 - K) + K), 1 - (M(1 - K) + K), 1 - \\
&= \{(1 - C)(1 - K), (1 - M)(1 - K), (1 - Y)(1 -
\end{aligned}$$


---

### 6.2.7 Mapeo de RGB a CMYK

El proceso de mapeo de RGB a CMYK se basa en un procedimiento sencillo el cual como primer paso obtiene la tripleta de colores R,G,B para luego convertirlo tanto a C,M,Y como a C,M,Y,K. Luego de esta conversión se hace una proposición la cual detecta si la combinación de colores C,M,Y,K es negro. Este se determina si existe dentro de la tripleta de valores C,M,Y,K un 1 de lo contrario el valor mínimo de dicha tripleta es asignado a la variable K.

Es decir:

$$t_{RGB} = \{R, G, B\}$$

Convirtiendo a CMY

$$t_{CMY} = \{C', M', Y'\} = \{1 - R, 1 - G, 1 - B\}$$

y luego a CMYK:

$$\text{IF } \min\{C', M', Y'\} = 1$$

$$\text{Then } t_{CMYK} = \{0, 0, 0, 1\}$$

$$\text{Else } K = \min\{C', M', Y'\}$$

$$t_{CMYK} = \left\{ \frac{C' - K}{1 - K}, \frac{M' - K}{1 - K}, \frac{Y' - K}{1 - K}, K \right\}$$

## CONCLUSIONES

1. La visión artificial en Guatemala es un campo relativamente nuevo, ya que muchas empresas elaboran cada uno de sus procesos de manera tradicional o manual pudiendo ser estos automatizados para lograr obtener un producto de calidad de manera tanto eficaz como eficientemente.
2. Las bases realizadas hace más de 45 años por Larry Robert han sido de gran ayuda para países como Estados Unidos, China, El Japón, ya que a partir de allí se han desarrollado un sin número de sistemas, logrando para miles de empresas obtener productos de calidad, reducción de recursos tanto humanos, físicos, financieros y la vez incrementar la satisfacción para sus clientes o consumidores. Dichos sistemas los podemos encontrar en áreas como la Industria Manufacturera, Embotellado y Embalaje, Etiquetado, Textil, Metalurgia, Cerámica, Equipos Electrónicos etc.
3. Actualmente, en el mundo de la pintura son cinco los modelos de color más utilizados. De estos cinco modelos sobresalen tres debido a que los mismos son utilizados tanto para monitores, revistas, periódicos, etc. Los cuales son RGB, CMY y CMYK. Se mencionan los tres por que dichos Modelos tienen una estrecha relación debido a que el modelo RGB es un modelo Aditivo el cual se basa en colores de luz y sus aplicaciones son tanto en monitores, televisores, proyectores y en todos aquellos sistemas que utilizan combinaciones de fósforos rojos, verde y azul.



Los modelos CMY y CMYK son Modelos Sustractivos y son utilizados para impresiones, los cuales utilizan los colores Cian, Magenta, Amarillo y negro. Y existe una estrecha relación ya que para convertir un mismo Color desde un ordenador hacia una hoja de papel es necesario usar un tipo de conversión de RGB a CMY o CMYK. Los otros dos modelos como el RYB es comúnmente utilizado en áreas como el Arte, pintura tradicional y es muy poco utilizado por su gran "limitante la cual no representa con exactitud los colores que deberían resultar al mezclar los colores RYB primarios lo cual logro en el 2004 ser reconocido como un modelo incorrecto."<sup>2</sup>

4. La visión artificial puede ser de gran utilidad en el área de la mezcla de pintura. Debido a que puede permitir a las pinturerías optimizar el tiempo de elaboración del mismo y a la vez garantizarle una satisfacción al 100% de sus clientes logrando con esto la conservación de la cartera de clientes y también la fidelidad del cliente hacia la empresa ya que logro satisfacer su necesidad la cual era obtener un color de pintura a la medida.
5. Cabe mencionar que aun con los métodos utilizados tanto en pinturerías Comex como en Pinturerías Sherwin Williams logran satisfacer las necesidades de los clientes en un 92% para Sherwin Williams y en un 97% para Pinturerías Comex.

## RECOMENDACIONES

1. Las universidades deberían promover más el tema de la Visión Artificial para despertar cierto interés en los estudiantes y lograr que Guatemala cuente con profesionales que proporcionen no sólo a las empresas nacionales, si no que también internacionales sistemas de visión artificial de gran calidad.
2. Hacer uso de este documento para futuros trabajos de investigación sería una gran ventaja con la intención de incrementar el conocimiento para luego compartirlo y lograr así generar una sociedad completamente de información.
3. En Guatemala existen muchas empresas las cuales podrían ver a la Visión Artificial como una inversión a pequeño/mediano plazo la cual podría lograr una reducción de sus costos financieros de las compañías.
4. Se debe pensar que los clientes de las empresas no se merecen un 90%,92%, ni 95% de certeza en el color obtenido comparado con el color solicitado si no que se merecen un 100% de certeza pero para ello se necesitan sistemas informáticos que nos ayuden a eliminar ese grado de error que nuestro ojo humano pueda tener al momento de generar dichos procesos. Ya que con ello se estaría conservando la fidelidad de los clientes y a la vez se lograría conservar e incrementar la cartera de clientes que cuentan actualmente.



## REFERENCIAS

1. [http://es.wikipedia.org/wiki/Visi%C3%B3n\\_artificial](http://es.wikipedia.org/wiki/Visi%C3%B3n_artificial)  
(DICIEMBRE 2007)
2. <http://www.monografias.com/trabajos14/inteligenciartif/inteligenciartif.shtml>  
(DICIEMBRE 1997)
3. <http://www.itapizaco.edu.mx/paginas/ttm/unid74.html>  
(FEBRERO 2007)
4. <http://www.sofiareina.com>  
(NOVIEMBRE 2007)
5. <http://itzamna.uam.mx/alex/proyecto/proyecto1.htm>  
(MAYO 2007)
6. [http://es.wikipedia.org/wiki/Color\\_primario](http://es.wikipedia.org/wiki/Color_primario)  
(OCTUBRE 2007)



## BIBLIOGRAFÍA

1. R.C. Gonzalez and R.E Woods., "Digital Image Processing", **Addison-Wesley publishing company**, 1993.
2. Nikhil R. Pal and Sankar K. Pal, "Una revisión de técnicas de segmentación de imágenes", **Pattern Recognition Vo. 26, N°9**, 1993
3. W. K. Pratt, "Digital Image Processing", **John Wiley & Sons, New York**, 1978.
4. JJ. Báez Rojas, "Segmentación de imágenes de color", **Revista Mexicana de física: 3-5**. 2005
5. Elaine Rich. Knight Kevin. Inteligencia Artificial Segunda Edición. Mc Graw Hill. México 1994.
6. Stuart Rusell. Norving Peter. Inteligencia Artificial un Enfoque Moderno. Printice Hall. México 1996.
7. Marr D.C. Artificial Intelligence. A Personal View, Artificial Intelligence. EEUU 1977.
8. Rolston W. David. Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos. Mc Graw Hill. México 1992. Graw Hill. México 1992.



## APÉNDICE

### Sistema de Control de Calidad de Pintura

**Lenguaje de programación utilizado:** Visual Basic 6

**Base de Datos:** Access

Se utilizó una base de datos Access ya que el volumen de información a procesar es relativamente pequeña. Además, se trató de tomar ventaja de su portabilidad puesto que es más probable contar con una base de datos Access que una base de datos como SQLServer u Oracle.

El sistema en si tiene dos funcionalidades básicas las cuales son:

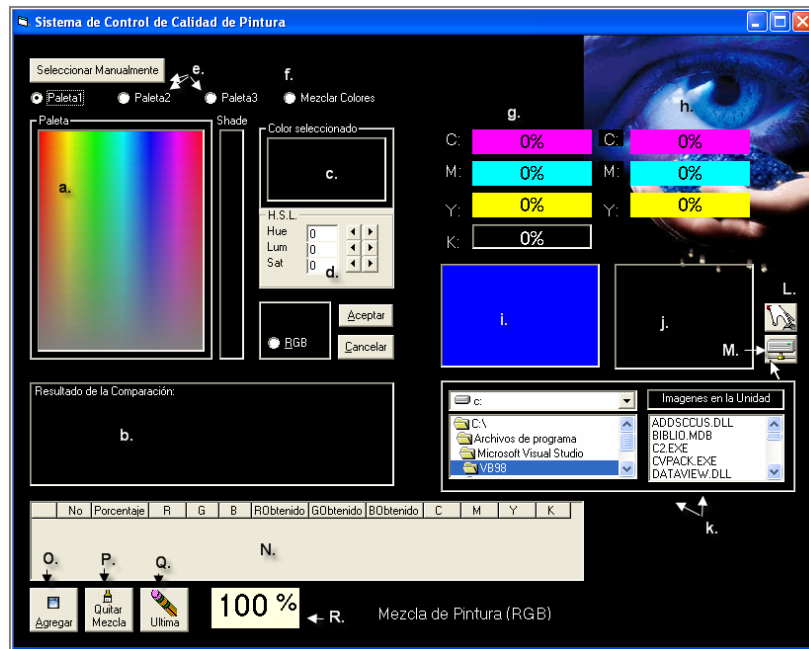
- Mezcla de pintura y conversiones de pinturas
- Control de pinturas echas a la medida

Se podría decir que la mezcla y conversión de pinturas es el corazón del sistema puesto que es aquí donde se puede transformar un color de RGB a su respectivo CMY y/o CMYK y viceversa. En este mismo modulo existen controles los cuales nos dicen que el color que se le esta entregando al cliente es exactamente lo que el cliente solicitó.

La interfaz gráfica utilizada para hacer esta funcionalidad es la que se muestra en la figura 1.



**Figura 1. Mezcla y conversión de pinturas**



A continuación se describirán cada una de las funcionalidades que tiene dicha interfaz.

- a. Paleta de colores.
- b. Le da al usuario una breve descripción de los resultados obtenidos en cada una de las operaciones realizadas en el sistema.
- c. Permite visualizar el posible color a seleccionar de la paleta de colores.
- d. Muestra el valor RGB seleccionado.
- e. Check point, el cual permite cambiar de paleta de colores.
- f. Check point, el cual indica que se realizará una mezcla de pintura.
- g. Muestra la conversión del Valor RGB seleccionado a CMYK.
- h. Muestra la conversión del valor RGB seleccionado a CMY.
- i. Muestra el color seleccionado o color objetivo. Esto se da al momento de darle clic a la paleta de colores.

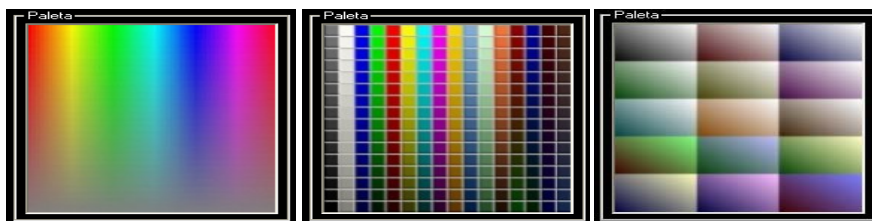
- j. Espacio el cual permite cargar la imagen que contiene el color a comparar con la imagen de que contiene el color objetivo.
- k. Permite hacer la búsqueda de la imagen a comparar con el color objetivo.
- l. Botón que permite hacer la comparación entre las imágenes o colores.
- m. Permite hacer la carga de la imagen a comparar.
- n. Grid que permite insertar mezclas de pinturas.
- o. Botón que Agrega un porcentaje de pintura a la mezcla.
- p. Botón que limpia todas las mezclas para empezar de nuevo.
- q. Botón que quita la última mezcla.
- r. Porcentaje a Mezclar.

## Funcionalidades del sistema

### Paleta de colores

El sistema cuenta con 3 paletas de colores las cuales pueden ser cambiadas en cualquier momento por medio de los opción Buttom (1,2 y 3) y el botón [**Seleccionar Manualmente**]. Esto con la intención de tener una mayor cantidad posible de colores para poder trabajar (ver figura 2).

**Figura 2. Paleta de colores**



Paleta de Color 1

Paleta de Color2

Paleta de Color3

## Conversión a partir de un valor RGB a CMYK

El proceso de mapeo de RGB a CMYK se basa en un procedimiento sencillo el cual como primer paso se obtiene la tripleta de colores R,G,B para luego convertirlo tanto a C,M,Y como a C,M,Y,K. Luego de esta conversión se hace una proposición la cual detecta si la combinación de colores C,M,Y,K es negro. Este determina si existe dentro de la tripleta de valores C,M,Y,K un 1 de lo contrario el valor mínimo de dicha tripleta es asignado a la variable K.

Es de mucha importancia llevar la secuencia de esta conversión cuando se esta tratando de crear un color para impresión por medio de un computador. Dado que para el computador utilizamos el valor RGB y para la impresión utilizamos la conversión de RGB a CMY o CMYK.

La fórmula utilizada para hacer dicha conversión es:

$$t_{RGB} = \{R, G, B\}$$

Convirtiendo a CMY

$$t_{CMY} = \{C', M', Y'\} = \{1 - R, 1 - G, 1 - B\}$$

y luego a CMYK:

$$\text{IF } \min\{C', M', Y'\} = 1$$

Then

$$t_{CMYK} = \{0, 0, 0, 1\}$$

Else

$$K = \min\{C', M', Y'\}$$

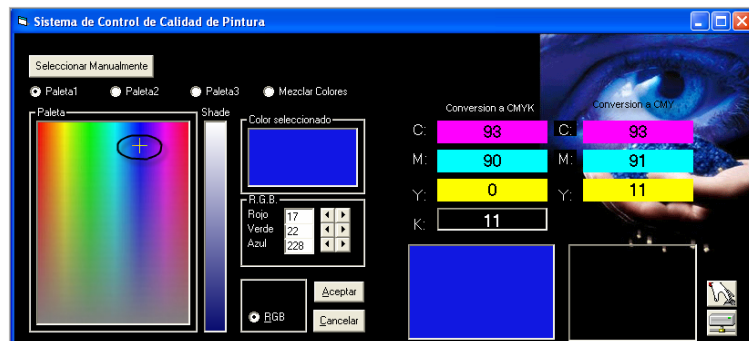
$$t_{CMYK} = \left\{ \frac{C' - K}{1 - K}, \frac{M' - K}{1 - K}, \frac{Y' - K}{1 - K}, K \right\}$$

Por ejemplo:

Al convertir un valor RGB (17,22 ,228) utilizando las fórmulas anteriores a CMY tenemos que Cian equivale al 93%, Magenta equivale al 91% y Amarillo al 11% y al convertir el mismo valor RGB a CMYK tenemos que:

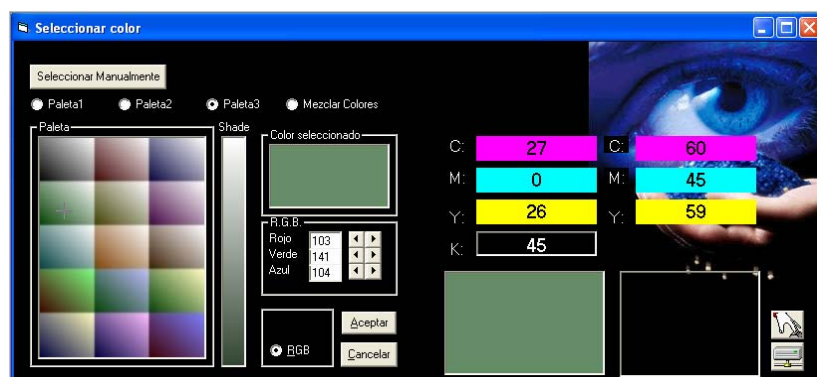
Cian equivale al 93%, Magenta al 90%, Yellow al 0% y Black o K al 11%

**Figura 3. Conversión de RGB a CMY**



Utilizando la paleta de colores No 3 y al querer convertir el valor RGB (103, 141, 104) tenemos que CMYK equivale a (27, 0, 26, 45) y CMY a (60,45,59) respectivamente.

**Figura 4. Conversión de RGB a CMYK**



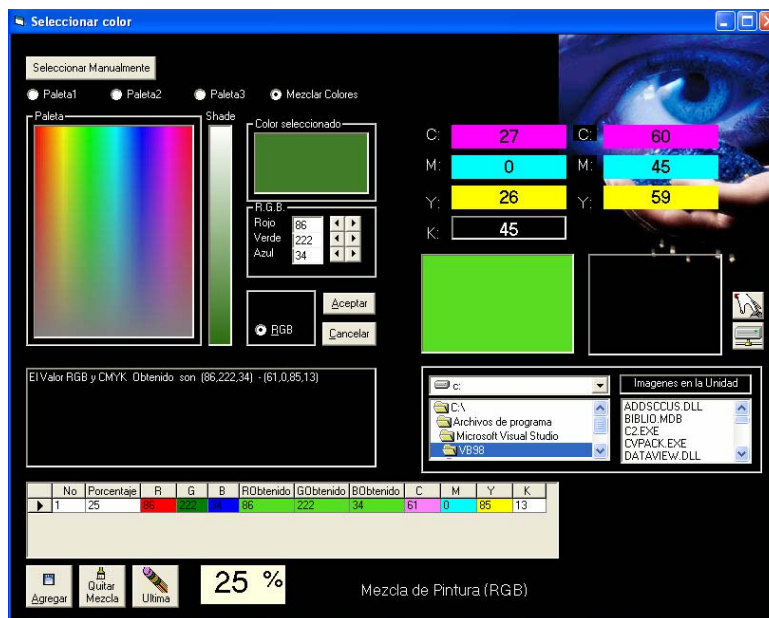
## Mezcla de pintura

El sistema permite hacer mezclas de pinturas a partir de un valor RGB y un porcentaje de dicho valor. Cabe mencionar que este porcentaje no debe exceder al 100% del total de la pintura. Este mezclador de pinturas permite saber cual es el valor RGB obtenido como también su respectivo valor CMYK.

Por ejemplo: (Figura 5)

En el siguiente ejemplo mezclaremos un 25% del total de la pintura del color RGB (86, 222, 84). En este caso por ser el primer color a mezclar el color obtenido sería exactamente el mismo valor RGB y con un CMYK (61, 0, 85, 13)

Figura 5. Mezcla de pintura

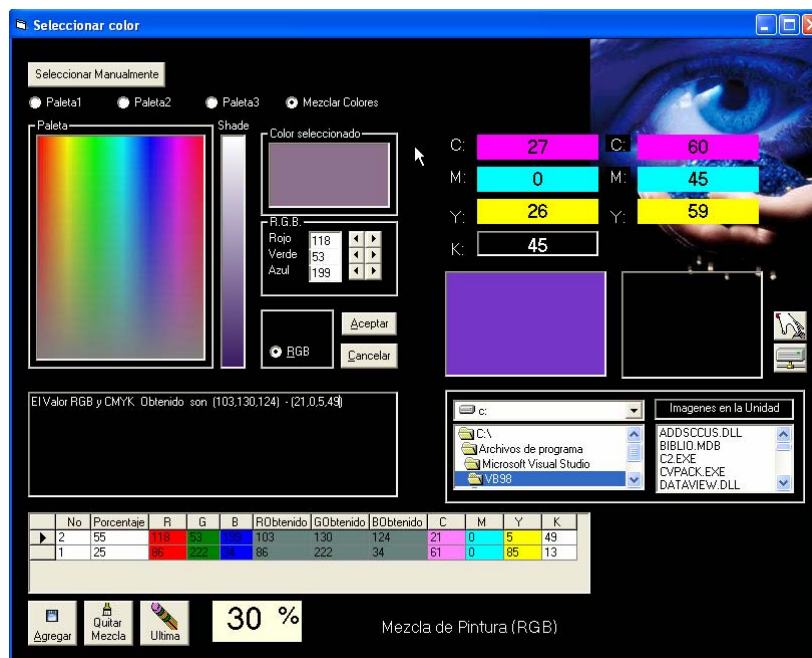


Al 25% del Valor RGB (86, 222, 84) agregado anteriormente se le agregara un 30% de la pintura total del valor RGB (118, 53,199) que equivale a un color morado.

Al hacer esta combinación o mezcla estaríamos mezclando un (25% + 30% = 55%) del total de la pintura.

El color resultante al hacer esta mezcla sería el RGB (103, 130, 124) y CMYK (21, 0, 5, 49). Y visualmente es el que se ve en las columnas del grid (Robtenido, Gobtenido y Bobtenido)

**Figura 7. Resultado de mezcla de pintura**



En el siguiente ejemplo: (Figura 8)

En el siguiente ejemplo se quiere hacer una combinación de tres colores:

- 1.- 15% RGB (240,11, 70)
- 2.- 15% RGB (252, 250, 251)
- 3.- 30% RGB (12,16, 238)

Estos hacen un total del 60%. Al hacer esta combinación en la segunda mezcla se cumple con un 30% del total de la pintura se obtiene un RGB y CMYK igual a (246, 130, 160) y (0, 47, 35, 4) respectivamente. Y al hacer la tercera y última mezcla se obtiene un 60% del total de la pintura con un RGB y CMYK resultante igual a: (129, 73, 99) y (35, 63, 0, 22). Tal y como se muestra en las siguientes dos imágenes.

**Figura 9. Combinación de 3 colores**



## **Comparar dos colores e indicar cuáles son sus diferencias**

El sistema permite hacer una comparación entre el color objetivo y el color resultante después de haber sido preparado.

Para hacer esta comparación es necesario buscar la imagen por medio del navegador y luego presionar el botón para hacer la comparación. Como resultado de esta comparación se tiene el valor RGB a comparar y también las diferencias entre los dos valores RGB.

## **Control de pinturas a la medida**

La mayoría de las pinturerías guatemaltecas llevan el control de todas los colores a la medida en un cuaderno el cual cada color va acompañado de un recorte de la pintura solicitada, la mezcla o la combinación de Cian, Magenta, Amarillo y Negro como también el nombre del cliente que lo solicitó.

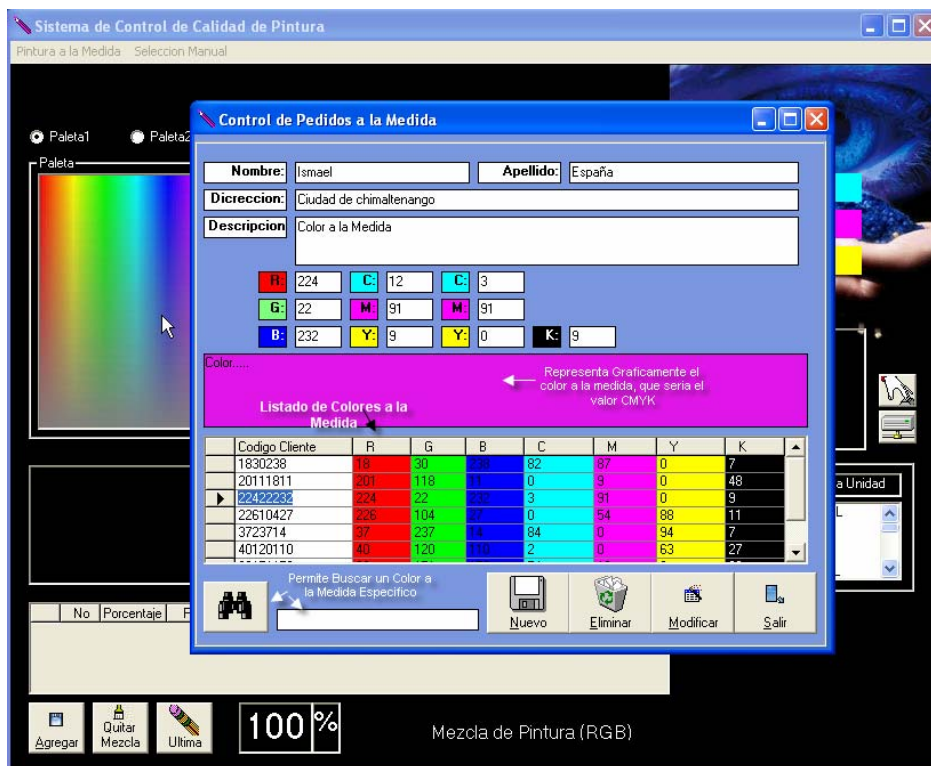
Este proceso además de ser 100% manual les impide a los encargados de las tiendas tener un control al 100% de todo su inventario de colores a la medida. Ya que por ejemplo: Si un nuevo cliente necesita un color específico lo primero que hacen es buscar hoja por hoja en los “n” libros que tengan en ese momento hasta encontrar o no el color que el cliente esta solicitando. Y se puede dar el caso que si lo hayan realizado antes pero por ser una búsqueda secuencial y manual al encargado de la tienda se le pueda pasar por alto una hoja por lo que deberá volver hacer todo el proceso desde cero y volverá a llenar los datos para el color que en ese momento esta solicitando el cliente.



Por lo que la segunda interfase de la aplicación le permite hacer lo antes mencionado sin necesidad de utilizar un cuaderno y con una reducción de hasta un 95% del tiempo invertido.

Para hacer uso del control de pedidos será necesario darle clic en el menú superior en el icono que dice Pintura a la Medida y aparecerá un formulario como el que se muestra en la siguiente imagen:

**Figura 10. Control de pedidos**



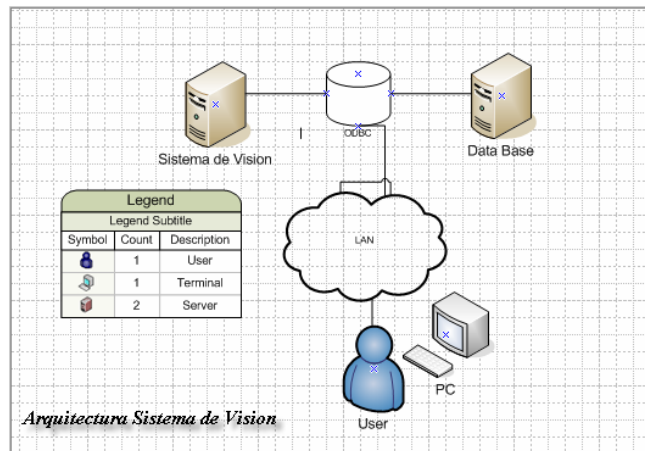
Este formulario le permite ya sea agregar un nuevo color a la medida, Eliminar un color a la medida, modificar los datos de un color a la medida y Buscar dentro del inventario de colores a la medida un color en especial.

Como se puede ver, este formulario le permite al usuario movilizarse fácilmente por todos los colores a la medida existentes y a la misma vez los datos relacionados a dichos colores se cambian dinámicamente logrando identificar fácilmente ya sea los datos del cliente como lo es (Nombre, Apellido, Dirección), descripción del color a la medida, la combinación de valores RGB, CMY y CMYK así como su representación grafica del color a la medida.

### Arquitectura general (Véase figura 11)

Esta compuesto por una arquitectura Cliente/Servidor por medio de una red LAN sobre la que actúa el sistema.

**Figura 11. Arquitectura general**



## **Técnicas para elaboración de colores a la medida en pinturerías guatemaltecas**

En Guatemala existen empresas como Comex y Sherwin Williams que se dedican al negocio de la pintura. Dichas empresas brindan a sus clientes el servicio de venta de pintura de colores preestablecidos y/o colores a la medida.

Dicho proceso lo hacen de manera semi manual. Es decir. Para el proceso de mezcla cuentan con una maquina industrial que les permite hacer dichas mezclas la cual lo único que necesita es las medidas de los colores a mezclar.

El proceso de definición de colores a la medida lo hacen en un 100% de manera manual en Sherwin Williams y en un 90% de manera manual y 10% de manera automatizada en Pinturerías Comex.

### **Puntos importantes para el proceso de fabricación de colores a la medida en Sherwin Williams:**

- Necesitan la una foto o color base para poder elaborar el color solicitado por el cliente.
- Cuentan con un sistema el cual les registra todos aquellos colores preestablecidos mas no cuentan con un sistema de todos aquellos colores a la medida realizados en el transcurso del tiempo. Para ello cuentan con un libro de papel en el cual colocan un recorte de papel representando la pintura solicitada en su momento por el cliente, Nombre del cliente que lo solicito, Código de Pintura

- Generado (Identificador único) y cantidad de pintura utilizada CMYK (Cian, Magenta, Amarillo y Negro).
- Dicho proceso le tarda al cliente alrededor de 24 horas y a la vez le garantizan al cliente que el color que se les entregara cumplirá en un 90 a 92% con el color solicitado. Este tiempo dependerá de que tan ocupado se encuentre la persona encargada de hacer dicho proceso.
- Este proceso incrementa su costo en un 30 a 45% en comparación con los costos de pintura preestablecidos y el mismo dependerá del tipo de pintura.
- Si el color ya lo tienen registrado el proceso de elaboración del color se tarda alrededor de 5 minutos.
- La medida mínima para hacer un color a la medida es de 1 litro.

**Puntos importantes para el proceso de fabricación de colores a la medida en Comex:**

- Necesitan la una foto o color base para poder elaborar el color solicitado por el cliente.
- Cuentan con un sistema el cual les registra todos aquellos colores preestablecidos mas no cuentan con un sistema de todos aquellos colores a la medida realizados en el transcurso del tiempo.

Para ello cuentan con un libro de papel en el cual colocan un recorte de papel representando la pintura solicitada en su momento por el cliente, Nombre del cliente que lo solicito, Código de Pintura Generado (Identificador único) y cantidad de pintura utilizada CMYK (Cian, Magenta, Amarillo y Negro).

- Dicho proceso le tarda al cliente alrededor de 20 minutos y a la vez le garantizan al cliente que el color que se les entregara cumplirá en un 97% con el color solicitado.
- Cabe mencionar que este proceso no le incrementa su costo en comparación a los costos de pinturas preestablecidas. (*Caso contrario a Sherwin Williams*)
- Si el color ya lo tienen registrado el proceso de elaboración del color se tarda alrededor de 5 minutos.
- La medida mínima para hacer un color a la medida es de 1 litro.

Para la definición del color solicitado en cada una de estas empresas dicho proceso inicia comparando entre la gama de colores existentes en su inventario con el requerido por el cliente.

Una vez identificado el color que mas se le parece empieza el proceso de mezcla hasta que el color generado cumpla con lo requerido por el cliente.

Como se puede visualizar fácilmente se podría decir que la pinturería Comex le ofrece a sus clientes colores a la medida en menor costo y menor tiempo.

A continuación se muestra una cotización tanto para pinturerías comex como de Sherwin Williams donde Comex ofrece el galón de pintura a la medida a un costo de Q.137.6 el galón.

Figura 17. Cotización Comex

FORMULARIOS STANDARD S. A. PEX 2423-8900 FAX 2423-4110

**Comex**      PINTURERIAS DE GUATEMALA, S. A.      No. 22616  
COTIZACION


Nombre o Razón Social: EDURN HERNANDEZ      Teléfonos: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_

| CODIGO  | CANTIDAD | CAPACIDAD | DESCRIPCION | PRECIO UNITARIO | TOTAL    |
|---|----------|-----------|-------------|-----------------|----------|
| 020035  | 1        | 100MTZ    | PRO-1000 B3 | Q 688.00        | Q 688.00 |
| Observaciones: PINTA 100MTZ, ACABADO Mate,<br>3 AÑOS GARANTIZADOS, IVA BIE. |          |           |             | TOTAL           | Q 688.00 |

Persona que atendió: [Firma]      Sello Tienda: \_\_\_\_\_

Figura 18. Cotización Sherwin Williams

BEJL 1284.4  
BEJL  
EHH



**Pinturas y Suministros**  
industrial & architectural color consultants

*Pinturas y suministros*  
**Cotización**


Señor: Edwin Hernández  
Fecha: 12 Noviembre 2007

*A continuación le enviamos el precio del producto solicitado:*

01 Galon style perfect interior preparado. Q.184.90  
01 Galon weather perfect exterior preparado. Q.199.90


Esperando una respuesta favorable, me despido.

Atentamente,  
Armando Menéndez López  
TEL: 23692770 - 54711274



**Pinturas y Suministros**  
Industrial & architectural color consultants

Armando Menéndez  
Encargado de Tienda



E-mail: pinturasindustriales@hotmail.com