

CAPITULO V

5.1 PRUEBAS Y CONCLUSIONES

Los métodos de procesamientos de imágenes, no definen una forma cuantitativa para establecer un nivel de procesamiento, debido a que son métodos apreciativos a quien los diseña. Además todo proyecto de procesamiento de imágenes, se desarrolla de acuerdo a las variables de entrada que se encuentran en ese momento.

5.2 PRUEBAS

Las pruebas que se aplicaron al proyecto, están basados en los niveles de luminosidad, debido a que esto puede afectar su funcionamiento y tiempo de respuesta, de antemano se entiende que su respuesta es en tiempo real, donde ese tiempo esta entre 2 y 3 segundos, para activar el manipulador.

Con iluminación normal

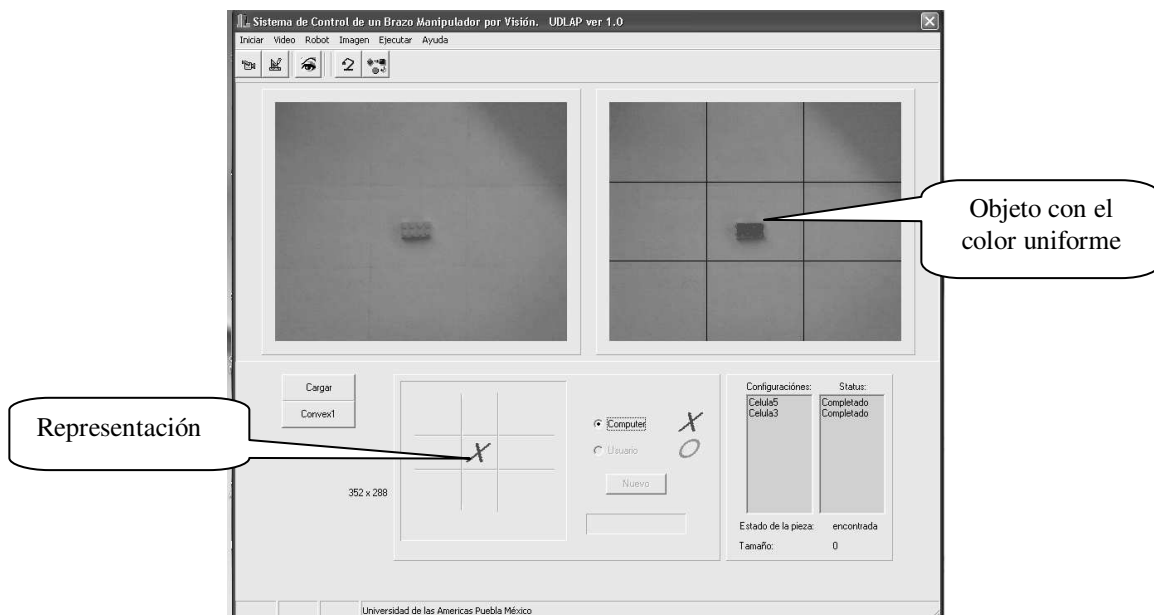


Figura 5.1 Prueba con iluminación normal

La figura 5.1 presenta una prueba con una iluminación normal, presentando la imagen derecha como entrada, y la izquierda como salida. En la imagen de salida, se observa el nivel reconocido y lo muestra en un color rojo. Además se muestra la representación en forma de X, debido a que se seleccionó que iniciara el juego la computadora.

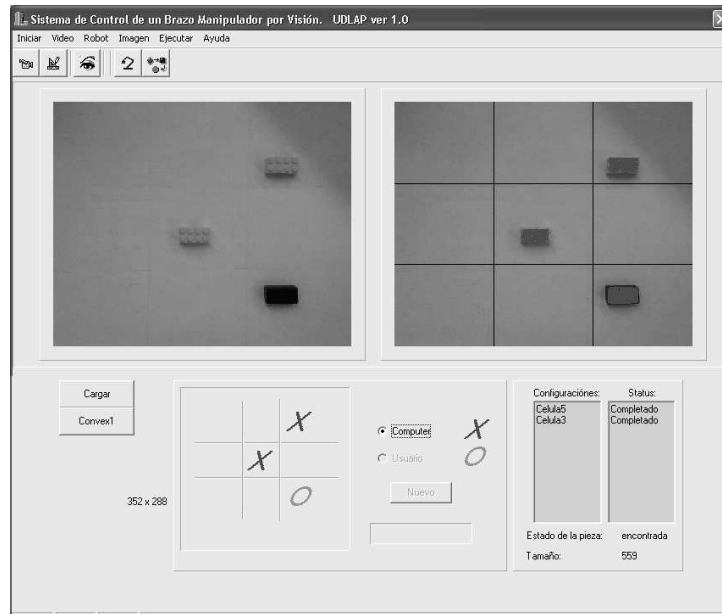


Figura 5.2 Valor de umbral alto

En la siguiente escena Fig. 5.2, se presenta 2 piezas amarillas y 1 azul, las cuales son detectadas con un nivel de umbral alto, y por lo tanto se hace la conversión uniforme, y la representación sigue avanzando como se ha diseñado el proyecto.

En esta escena Fig. 5.3 se presenta una jugada donde la computadora gana el encuentro y los valores de color son convertidos en forma casi completa, debido a su nivel de luminancia alto.

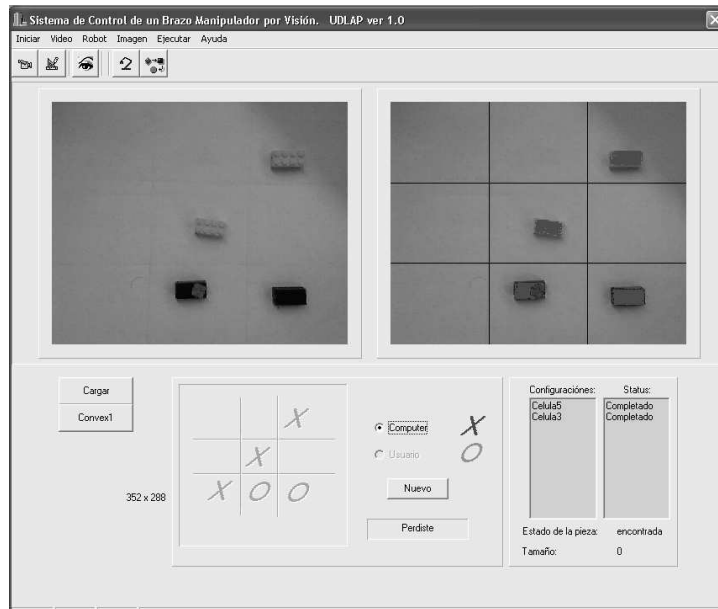


Figura 5.3 Jugada ganadora de la computadora

Con Iluminación Mayor:

Cuando se hace una variación a la iluminación se presentan pequeños problemas a la entrada de datos, como pueden ser, no encontrar los valores del umbral definido, debido a que se trabaja sobre el formato RGB; en la figura 5.4 se presenta una escena cuando tiene poco valores de iluminación

La figura 5.4 presenta una mayor iluminación en la imagen de entrada, lo que produce que los valores de umbral que se definieron no sean encontrados fácilmente.

En la figura 5.5 se presenta otra secuencia del juego, donde la computadora gana, haciendo notar los valores encontrados, modificando los valores de umbral a colores uniformes.



FIGURA 5.4 Mayor iluminación sobre las piezas



FIGURA 5.5 Jugada ganadora , con valores de umbral modificados.

5.3 EVALUACION DEL SISTEMA

Se presenta la siguiente evaluación del proyecto, mostrando los valores de salida de diversas pruebas.

Tiempo de respuesta

	Tiempo de Respuesta aprox.	Descripción
Robot manipulador	7 a 15 seg.	una configuración inicial + final + inicial
Procesamiento de Imágenes	2 a 5 seg.	En posición final el objeto y aplicando los métodos: Obtención de color, Convex Hull, etiquetamiento, representación
Toma de Decisiones y configuraciones.	0.3 - 1 seg.	Desde entrada de datos X o O, hasta envío de configuraciones.
Comunicación infrarroja entre PC y robot	0.3 - 0.5 seg.	Con una señal directa sin interrupciones
Comunicación infrarroja entre robot y PC	0.5 - 1 seg.	Con una señal directa sin interrupciones

Tabla 5.1 : Tiempo de respuesta del sistema.

Eficiencia de Toma de decisión

La toma de decisión para ejecutar un movimiento en el tic tac toé esta basada en el algoritmo Minimax.

Error de Posición:

Se aplica al robot manipulador Lego MindStorms.

- *Mala exactitud*: Debido a los materiales que forman parte del mecanismo de movimiento.

Ejemplo: Bandas de hule, que hacen perder exactitud, debido a su mala fricción entre las piezas mecánicas y estas.

- *Tiempo de ejecución*: El tiempo que se utiliza para controlar el robot manipulador Lego MindStorms, es un valor ajustados para movimientos en segundos, debido a que estos robot, no manejan un tiempo definido, solo aproximados. Esto crea problemas de exactitud.

Ventajas y Desventajas del sistema

Ventajas

- No se utiliza el formato HSI, lo que permite utilizar el formato RGB en forma natural, haciendo que no incremente demasiado el procesamiento.
- El diseño del robot manipulador puede cambiar adecuándose a las necesidades del entorno, y el sistema de control es adaptable.
- Se puede ajustar en forma manual el valor de umbral para definir niveles de iluminación en los objetos.

Desventajas

- Utiliza solo piezas convexas definidas, debido al diseño del efector final del manipulador.
- Utilizar RGB y métodos de obtención de bordes en conjunto, no asegura encontrar diferencias de umbral para definir un borde.
- Sensible a cambios en la iluminación

5.4 CONCLUSIONES:

Los modelos matemáticos estadísticos analizados, como el filtro puntual Sobel y Robert, presenta una buena definición de bordes, en cuanto a figuras en escalas de grises, sin embargo, al aplicarse en el formato RGB, hace una inversión total de la imagen, no permitiendo una buena definición, aun en pruebas en formato HSI. Estos algoritmos fueron diseñados principalmente para formatos en escala de grises, por lo que se recomienda en esta tesis la utilización de métodos de geometría computacional como una alternativa para métodos de procesamiento de imágenes.

En cuanto al diseño de algoritmos que puedan ser aplicables a procesamiento de imágenes a color, se recomiendan los métodos investigados como obtención de colores por umbral definido y conversión homogénea, que dan una nube de puntos realzados, creando un volumen aproximado de espacio de un objeto definido, además la aplicación del Convex Hull, crea un polígono convexo de esos puntos, siendo suficiente para localizar un objeto de estas características y que además puede hacer interacción con los demás métodos de procesamiento.

Los algoritmos analizados para control y planificación de movimientos, como la cinemática directa e inversa, dan una gran estabilidad, dependiendo de la calibración de cámara en relación con el brazo manipulador, así también, las configuraciones que contienen un subconjunto de movimientos definidos, su resultado ésta en relación con la calibración de la cámara.

El software de control se diseñó en base a cinemática directa e inversa, con la ventaja de que sea ajustable a los valores de entrada, así como a cambios en el diseño del robot manipulador. Así también la planificación de movimientos se diseñó en base a configuraciones que contiene un subconjunto de movimientos definidos, los cuales también son ajustables.

La implementación del módulo de procesamiento de imágenes, presenta una forma alternativa para procesar imágenes en color y en formato RGB, para obtener características de objetos, donde son convexos, además una representación de salida que es manipulada en otros procesos, como el Tictac toé, con un tiempo de proceso de 3 a 5 segundos por Cuadro analizado, bajo la restricción de la existencia del objeto existente localizado.

La implementación del módulos de control a través de cinemática inversa y directa, así como la planificación por medio de configuraciones definidas, es la forma mas efectiva para tener control de todas las articulaciones del robot y establecerla en una forma paramétrica, lo cual permite variaciones en el diseño del robot y los cambios en el programa son mínimos.

La aportación central mayor en el procesamiento de imágenes, utilizando un proceso basado en el principio de escalamiento de grises, que es la detección de umbral, con valores definidos y conversión a colores homogéneos, al que al aplicarle los métodos de convex hull y etiquetamiento, se obtiene una representación de un objeto en un tiempo menor a 5 segundo

La integración de todos los módulos que comprenden este proyecto, dan una estabilidad en su ejecución, demostrando que es posible desarrollar investigación de procesamiento de imágenes en color con formato RGB, y que pueda controlar un robot manipulador con una respuesta en tiempo real.

.

5.5 TRABAJOS FUTUROS

Esta investigación es una aportación a trabajos relacionados con procesamiento de imágenes dinámicas en color, la cual esta abierta a ampliaciones o trabajos futuros. La propuesta es incrementar la investigación con escenarios diferentes y que se utilicen los métodos propuestos en esta tesis:

- Utilización de heurísticas o métodos para reconocimiento de imágenes, para trabajar con una mayor diversidad de objetos no convexos y convexos, además que se puedan definir los objetos para el juego.
- Utilización de Visión estereo para definir profundidad de los objetos visualizados, y poder ampliar la presión del robot manipulador.
- Nuevas aplicaciones, donde se puedan implementar un mayor conjunto de métodos.