3.- COMPONENTES DEL SISTEMA:

3.1.- Estructura:

En este capítulo vamos a detallar en primer lugar cuáles son los elementos que forman parte del sistema una vez finalizado, explicando sus especificaciones técnicas más importantes.

Por otro lado vamos a explicar cuál ha sido el entorno de trabajo utilizado para la programación de la aplicación, detallando las características más interesantes del software y de las librerías empleadas.

Por último, debido a que estamos trabajando con un sistema de visión por computador, hemos estimado importante introducir un apartado donde se hable de la iluminación, incluyendo los tipos y sobre todo las técnicas más comunes, indicando cuáles son las que se han elegido de todas ellas para nuestra aplicación.

3.2.- Dispositivos del sistema

En este apartado vamos a detallar las características de cada uno de los dispositivos que forman parte de nuestro sistema.

3.2.1.- Componentes Hardware

En nuestro sistema los únicos componentes Hardware que empleamos son una cámara web para la captura de las imágenes y el ordenador o equipo informático para el procesamiento en tiempo real de la secuencia de video capturada. A continuación especificaremos cada una de las características de los dispositivos que nosotros hemos empleado en la realización del proyecto.

3.2.1.1.- CÁMARA WEB

Si recordamos los requerimientos iniciales de nuestro sistema, la utilización de un dispositivo de captura sencillo y de bajo costo era uno de ellos. Esto es así no sólo para abaratar el sistema en general, sino para evitar problemas de instalación, calibrado de lentes, formato de imágenes complejo, compatibilidad con el resto de dispositivos, etc.

Con la utilización de las cámaras web, nos ahorramos todos esos problemas pues la mayoría de ellas son dispositivos “Plug&Play”, es decir, que bajo los sistemas operativos compatibles funcionan desde el instante que son conectadas, sin necesidad de drivers o CD’s de instalación. Su coste es muy bajo y se encuentran en el mercado al alcance de cualquier persona.

Figura 3.1.- Cámara web Live! Cam de Creative.

Las características de la cámara web que mostramos a continuación pueden servir como referencia inicial, ya que no todas las especificaciones aquí

detalladas son requerimientos indispensables para el funcionamiento del sistema.

- **Construcción:** Creative
- **Conexión:** USB
- **Sensor:** Sensor de imágenes CMOS
- **Resolución de imagen fija:** 640 x 480, 800 x 600 píxeles
- **Resolución de vídeo:** Hasta 640 x 480 @ 30 frames por segundo
- **Control de exposición:** Automático
- **Balance de blancos:** Automático
- **Ajuste de foco:** Manual
- **Rango de enfoque:** Desde 15 cm hasta el infinito.
- **Expansión / Conectividad:** 1 x USB, 4 x pin USB tipo A
- **Alimentación:** Mediante USB (telealimentado desde el computador al que se conecte).
- **Requisitos del sistema:** Para Windows 98SE/2000/ME/XP precisa como mínimo un Pentium II, 266 MHz, RAM 64 MB, disco duro 100 MB.
- **Compatibilidad del software:** Compatible con Windows 98SE/2000/ME/XP

3.2.1.2.- EQUIPO INFORMÁTICO

En este apartado especificaremos las características del equipo informático donde se han instalado las librerías y el software necesario para la programación del sistema de detección de caídas.

- **Procesador:** Intel Pentium 1.73 GHz
- **Memoria:** 1 GB RAM DDR a 795 MHz
- **Tarjeta Gráfica :** Mobile Intel(R) 915GM/GMS, 910GML Express Chipset Family (Integrada en el ordenador portátil)
- **Monitor:** Super Bright Gloss LCD 15.4” Panorámico (integrado en el portátil).

3.2.2.- Componentes Software

En este apartado vamos a detallar el entorno de programación donde hemos estado trabajando, indicando el programa empleado para la escritura, compilación y depuración del código y las librerías utilizadas.

3.2.2.1.- MICROSOFT VISUAL STUDIO

La herramienta Microsoft® Visual Studio es un entorno integrado de programación (IDE) para sistemas Windows. Soporta varios lenguajes de programación, como Visual C++, Visual C#, Visual J#, ASP.NET, Visual Basic .NET y muchos otros.

Visual Studio ofrece a los desarrolladores el entorno adecuado para poder crear programas de todo tipo, desde aplicaciones sencillas para funcionar en un único equipo hasta aplicaciones capaces de intercomunicarse entre estaciones de trabajo, páginas web y dispositivos móviles. Para ello existe una amplia gama de versiones de este software que ha ido evolucionando a lo largo del tiempo: Visual Studio 97, Visual Studio 6.0, Visual Studio .NET (2002), Visual Studio .NET 2003 y Visual Studio 2005.

Para el desarrollo de nuestra aplicación nosotros hemos utilizado Visual Studio 2005 por lo que haremos una breve introducción de la misma. Esta versión salió al mercado a partir de Octubre de 2005 como continuación de las versiones .NET anteriores, incluyendo la versión 2.0 de la máquina virtual de dicha plataforma. La actualización más importante que aportó fue la inclusión de los llamados *tipos genéricos*, muy similares a las plantillas de C++, con los que se consigue encontrar muchos más errores en la compilación en vez de en tiempo de ejecución. Esta versión también incluye un diseñador de implantación, que permite que el diseño de la aplicación sea validado antes de su implantación. Además incluye un entorno para publicación web y tests de carga para comprobar el rendimiento de los programas bajo diversas condiciones.

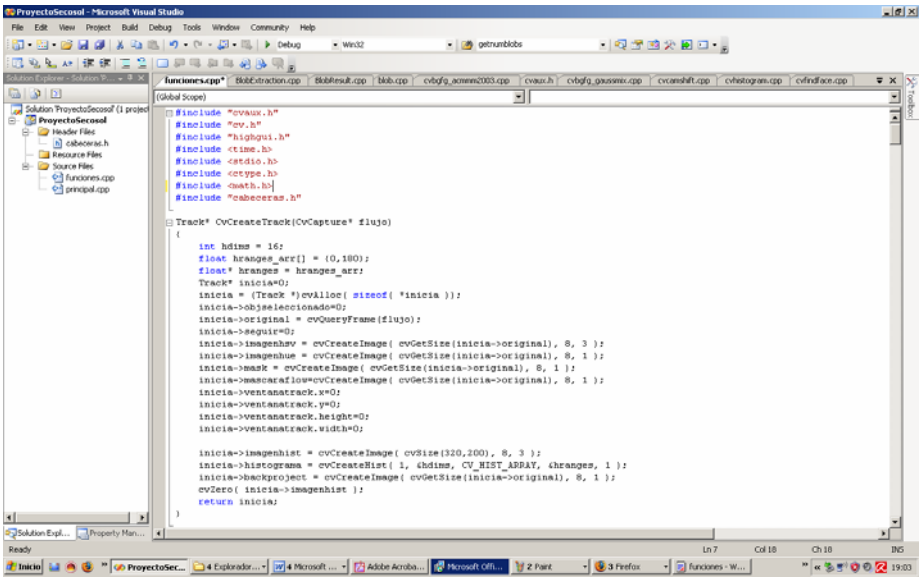

Figura 3.2.- Entorno de programación Visual Studio C++ 2005

Visual Studio 2005 tiene varias ediciones radicalmente distintas entre sí: Express, Standard, Professional, Tools for Office y cinco ediciones Visual Studio Team System. Para la programación de nuestra aplicación nosotros hemos empleado la versión Express (Visual Studio C++ 2005 Express), puesto que es una herramienta de desarrollo específica para programación en C++ dirigida especialmente para estudiantes y desarrolladores principiantes y que está disponible de forma gratuita.

La razón principal por la que hemos elegido esta herramienta concreta de trabajo viene impuesta por la utilización de las librerías OpenCV especializadas en el procesamiento digital de imágenes y que están desarrolladas en código C y C++.

3.2.2.2.- LIBRERÍA OPENCV

OpenCV es una librería de código abierto desarrollada por Intel® para realizar tareas relacionadas con la visión por computador. Esta librería está compuesta por una serie de funciones de alto nivel para el procesamiento digital de imágenes y gracias a que es una librería de código abierto no está reservada para compilarse y trabajar exclusivamente bajo arquitecturas Intel.

A pesar de tener funciones de bajo nivel para el procesado de imágenes estáticas como la binarización, filtrado, procesamiento piramidal, etc, OpenCV se centra principalmente en aquellas tareas de alto nivel relacionadas con el procesamiento de secuencias de video en tiempo real.

Las principales áreas en las que trabaja esta librería son: Segmentación y reconocimiento de objetos, reconocimiento facial y gestual, seguimiento en tiempo real, robótica móvil, identificación de posturas y reconstrucción 3D y aplicaciones HCI (Human-Computer Interaction).

Una de las principales características de esta librería es que la mayoría de sus algoritmos están basados en estructuras de datos altamente flexibles y dinámicas. Por otro lado, al ser compatible con la librería IPL (Intel® Image Processing Library) todas las funciones de OpenCV trabajarán también con la estructura de datos IPL, optimizada para el procesamiento digital de imágenes y que será la que utilicemos en el desarrollo de nuestra aplicación.

Todas las funciones y clases que componen la librería OpenCV están escritas en C y C++, razón por la cual se escogió como compilador Microsoft Visual Studio C++ 2005 Express como ya expusimos en el apartado anterior.

Por último, comentaremos que en el anexo A de la memoria se detallan otros aspectos sobre OpenCV y se incluye un manual básico de instalación y configuración de esta librería y del compilador.

3.3.- Otros aspectos: Iluminación

El éxito de un sistema basado en el procesamiento digital de imágenes en la mayoría de los casos depende más de una correcta iluminación que de un análisis sofisticado de la imagen, por lo que las características de la fuente luminosa empleada tendrán una gran repercusión sobre las prestaciones de nuestro sistema de visión.

Esto es así, debido a que con condiciones de iluminación inestables o variables el preprocesamiento necesario para obtener resultados satisfactorios se complica, haciendo que el sistema sea muy costoso computacionalmente hablando y mucho menos eficiente.

La imagen con la que nosotros trabajamos dependerá, por tanto, de:

- Las fuentes de luz (Tipo de iluminación).
- La forma de aplicar la luz sobre la escena (Técnicas de iluminación).
- Las características de la superficie sobre la que incidirá la luz, como su capacidad de reflexión, si es rugosa, si es metálica, etc.

- Las relaciones espaciales (distancia y ángulos) entre sensores, superficies y fuentes.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, un buen sistema de iluminación será aquel que consiga reducir la complejidad de la imagen a analizar y que a su vez resalte o suprima determinadas características de los objetos de interés para facilitar el procesado.

3.3.1.- Tipos de iluminación

En los sistemas de visión, los principales aspectos a considerar para escoger el tipo de iluminación son:

- La intensidad lumínica y su composición espectral.
- La duración o tiempo de vida de la fuente de luz (lámpara).
- Tiempo de respuesta.
- Requerimientos de refrigeración.
- Coste (adquisición y mantenimiento).
- Otros aspectos (por ejemplo la estabilidad en el tiempo, es decir, aparición de vibraciones o parpadeos en la luz o la compatibilidad con el resto de los equipos que forman el sistema).

En base a estas consideraciones, en los sistemas de visión las fuentes de luz más típicas son las incandescentes (lámparas de tungsteno), halógenos, fluorescentes, gas estroboscópico (Xenón), lámparas láser, diodos, etc.

Si nos centramos en nuestro sistema, una de sus características era el hecho de que tenía que ser un sistema simple y de bajo costo, por lo que queda descartada la utilización de lámparas especiales ajenas a la propia iluminación natural de la habitación o la proporcionada por alguna bombilla (lámpara de tungsteno).

Otra de las razones por las que no emplearemos ningún dispositivo de iluminación especial es porque nuestro sistema trata de ser lo menos intrusivo posible. Los sistemas en los que se suelen emplear lámparas especiales son aquellos que están monitorizados por alguna persona y aquellos donde el entorno de trabajo es conocido y estructurado; en nuestro sistema no existe ninguna persona que monitorice el correcto funcionamiento del mismo, pues en caso contrario el detector de caídas no tendría sentido, y por otro lado, el entorno tampoco está totalmente controlado, pues es un entorno conocido a

priori pero que puede sufrir modificaciones (desestructurado). Por estas causas, nos centraremos más en las técnicas de iluminación.

3.3.2.- Técnicas de iluminación

La técnica de iluminación consiste en la elección del tipo de iluminación más apropiada para el problema en estudio, así como la forma en que ésta se dispones para resaltar los detalles de interés de la imagen. Nombraremos a continuación los esquemas más utilizados en los sistemas de visión:

- **Iluminación direccional (frontal) o de campo claro:** Con esta técnica la cámara se sitúa mirando al objeto en la misma dirección que la luz (bajo el ángulo de incidencia) y recibe la luz reflejada por el objeto.

Figura 3.3.- Iluminación direccional

Las fuentes de luz empleadas suelen ser puntuales como se muestra en la figura anterior. En general este método se emplea para objetos planos con superficies mates y suele presentar problemas de deslumbramientos a distancias muy cortas.

- **Iluminación lateral:** En este caso la luz incide lateralmente con un fuerte ángulo de incidencia.

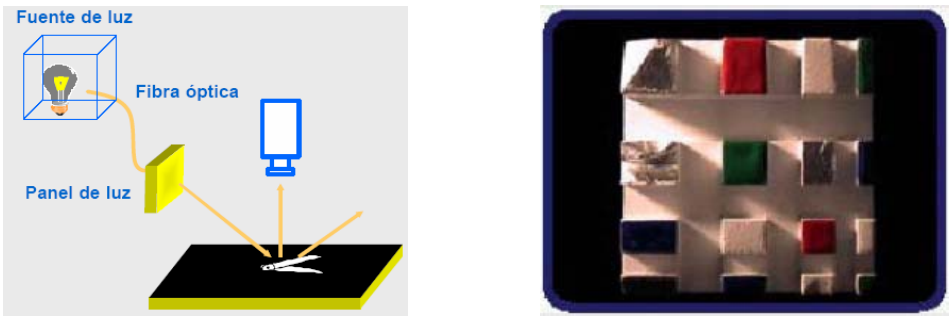

Figura 3.4.- Iluminación lateral

Este método se emplea para resaltar detalles laterales de los objetos o para mostrar aspectos de la estructura superficial o la topografía de la escena.

- **Iluminación difusa:** Este método emplea una luz difusa y uniforme generada por una fuente extensa.

Figura 3.5.- Iluminación difusa

Como fuente extensa se puede emplear un conjunto de lámparas incandescentes o fluorescentes repartidas por toda la escena o la luz natural. Se emplea para todo tipo de objetos, tanto mates como brillantes, y en general conviene que éstos se encuentren alejados de la cámara, por lo que no se suele utilizar en escenarios reducidos.

- **Iluminación por campo oscuro (Darkfield):** Se emplea para objetos transparentes o traslúcidos. En este caso la luz se sitúa de forma perpendicular al eje de la cámara como se muestra en la figura.

Figura 3.6.- Iluminación por campo oscuro

Este método de iluminación requiere de la utilización de anillos de luz especiales. El fondo suele ser oscuro, aunque también se suele emplear una luz posterior. En general se emplea para sistemas que buscan grietas, roturas, burbujas, códigos y letras, etc.

- **Iluminación por contraste o retroiluminación (Backligth):** Esta técnica se emplea para obtener los contornos o siluetas de los objetos. Para ellos se ilumina el objeto empleando una luz posterior, de tal forma que lo que la cámara percibe es la sombra del objeto.

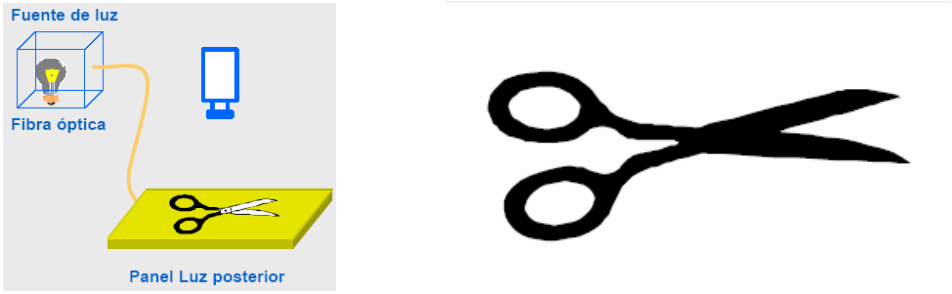

Figura 3.7.- Iluminación por contraste

Se emplea para medición dimensional e inspección de objetos opacos y objetos de color translúcidos. Con este método se eliminan los detalles de las superficies (a la cual no le llega la luz) por lo que no es una técnica útil para la inspección superficial o análisis de color.

- **Iluminación estructurada (Structured Light):** Es el método más adecuado para obtener los detalles topológicos de las superficies. Se genera mediante diodos láser generadores de líneas, rejillas, círculos o cualquier otro patrón.

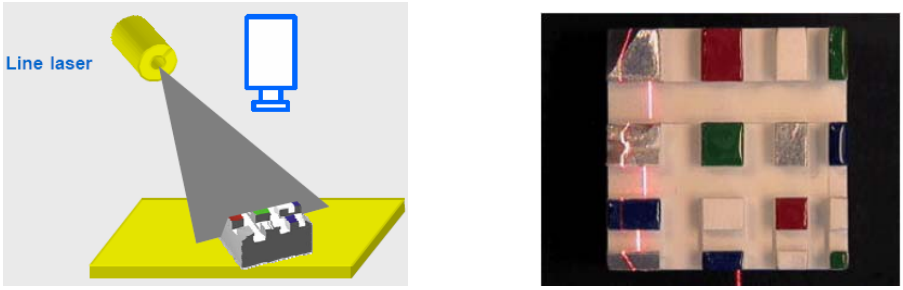

Figura 3.8.- Iluminación estructurada

Esta técnica es la más adecuada para la medición dimensional e inspección de superficies.

De todos los métodos que hemos visto, el de la **luz difusa** es el más adecuado para el sistema que nosotros vamos a implementar, ya que el objeto de interés es una persona que se encuentra alejada de la cámara para poder ser captada de cuerpo entero, la luz que se emplea será principalmente la luz

natural o en caso de que ésta sea escasa luz artificial que ilumine toda la estancia. Por lo tanto éste será el método que utilizaremos.

Conseguir luz difusa y homogénea en una habitación es bastante complejo en caso de que no haya muchas lámparas repartidas por todo el lugar, por lo que en realidad, el método que emplearemos será una mezcla entre **iluminación difusa e iluminación direccional**, de forma que colocaremos la cámara mirando en la misma dirección que la fuente de luz más intensa de las existentes (en caso de que sea luz natural, colocaremos la cámara de espaldas a la ventana por donde la luz entra), evitando así la aparición de sombras que dificultan las tareas de detección y seguimiento del objeto de interés.