

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA
EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA
LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL
ECUADOR”**

Realizado por:

JAIRO GUILLERMO ESCOBAR ERREYES

Director del proyecto:

ING. ANTONIO BECERRA, MBA

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO DE SISTEMAS EN DISEÑO Y MULTIMEDIA

Quito, Enero del 2015

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JAIRO GUILLERMO ESCOBAR ERREYES, con cédula de identidad #1721399564, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Jairo Guillermo Escobar Erreyes

C.I. 172139956-4

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA
EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA
LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL
ECUADOR”**

Realizado por:

JAIRO GUILLERMO ESCOBAR ERREYES

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO DE SISTEMAS EN DISEÑO Y MULTIMEDIA

Ha sido dirigido por el docente:

ING. ANTONIO BECERRA, MBA

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Ing. Antonio Becerra, MBA

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

ING. VERÓNICA RODRÍGUEZ

ING. VIVIANA CAJAS

Después de revisar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

Ing. Verónica Rodríguez

Ing. Viviana Cajas

Quito, Enero del 2015

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi padre Guillermo que siempre luchó y nos dio el mejor ejemplo que puede ofrecer un padre y un amigo. A mis hermanos Pablo y Andrea, quienes con su apoyo incondicional me impulsaron a cumplir mis objetivos personales y profesionales.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre Guillermo, a mis hermanos Pablo y Andrea, a mis tías Loli, Martha y Mariani que me han apoyado durante el transcurso de mi vida y sobre todo durante el tiempo de mi carrera universitaria.

A la Universidad Internacional SEK y cuerpo docente de la Facultad de Sistemas encabezada por el Ing. Jhonny Barrera los cuales fueron roble de la palabra, calendario del ejemplo.

A mi director de tesis Antonio Becerra por compartirme sus experiencias personales y profesionales y guiarme en mi carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURAMENTADA	iii
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 El problema de Investigación	16
1.1.1.1 Diagnóstico.	16
1.1.1.2 Pronóstico.	18
1.1.1.3 Control Pronóstico.	18
1.2 Marco Teórico	20
1.2.1.1 Evolución tecnológica.....	20
1.2.1.2 Historia de los escáneres	22
1.2.1.3 Función del escáner.....	22
1.2.1.4 Tipos de Escáner	23
1.2.1.5 Escáneres 3D.....	24
1.2.1.6 Sistema de visión y procesamiento de imágenes	26
1.2.1.7 Procesamiento digital de imágenes.....	27
1.2.1.8 Medidas de distancia.....	27
1.2.1.9 Triangulación	30

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1 Análisis	34
2.1.1 Levantamiento de Información	34

2.1.1.1 Histograma	34
2.1.1.2 Bordes y contornos.....	39
2.1.1.3 Determinación de esquinas.....	41
2.2.1 Consideraciones para el diseño	44
2.2.1.1 Calibrar	44
2.2.1.2 Calibración de la cámara – Caja de herramientas para Matlab	46
2.2.1.3 Capturar	51
2.2.1.4 Decodificar	56
2.2.1.5 Reconstruir	56
2.2 Diseño del escáner 3D	56

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Desarrollo del escáner 3D.....	60
3.1.1 Creación de un proyecto.	60
3.1.1.1 Añadir ventana principal.	61
3.1.1.2 Estructuras de clases en Qt.....	62
3.1.2 Calibrar	66
3.1.3 Captura	68
3.1.4 Decodificación	69
3.1.5 Reconstrucción.....	70
3.2 Implementación	70
3.2.1 Implementación del software.....	70
3.2.2 Pruebas del Software.....	72
3.2.3 Capacitación.....	80
3.2.4 Explotación, aprobación y beneficios	81

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

4.1 CONCLUSIONES.....	82
4.2 RECOMENDACIONES	83
MATERIALES DE REFERENCIA	85
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura #1. Relaciones Posicionales: Definición de los píxeles	28
Figura #2. Distancia euclidianaDE	28
Figura #3. Distancia city-blockDC-B	29
Figura #4. Distancia chessboard DCH	30
Figura #5. Triangulación.....	31
Figura #6. Diagrama de un histograma.....	35
Figura #7. Verificación del driver en Matlab	36
Figura #8. Verificación de dispositivos de video en Matlab	36
Figura #9. Identificador de dispositivo en Matlab.....	37
Figura #10. Variable de formatos soportados en Matlab.....	37
Figura #11. Función preview en Matlab.....	38
Figura #12. Resultado de función preview en Matlab	38
Figura #13. Resultado del diagrama de un histograma en Simulink	39
Figura #14. Diagrama de bordes y contornos	40
Figura #15. Resultado del diagrama de bordes y contornos	41
Figura #16. Diagrama de determinación de esquinas	42
Figura #17. Diagrama bloques estructura y cálculo	43
Figura #18. Resultado del diagrama de determinación de esquinas	44
Figura #19. Calibración – Tablero de Ajedrez	45
Figura #20. Calibración – Caja de herramientas Matlab	46
Figura #21. Calibración – Posiciones de calibración.....	46
Figura #22. Calibración – Aplicación Matlab	47
Figura #23. Calibración – Identificador de imagen	48
Figura #24. Calibración – Determinación de esquinas	48
Figura #25. Calibración – Histograma de errores y valores extrínsecos	49
Figura #26. Calibración – Exportación de parámetros de cámara.....	49
Figura #27. Calibración – Parámetros de cámara	50

Figura #28. Calibración – Generación de Script Matlab	50
Figura #29. Captura – Caja de herramientas Matlab	51
Figura #30. Captura desde cámara web	51
Figura #31. Captura – Aplicación Matlab	52
Figura #32. Captura – Detección de Hardware.....	53
Figura #33. Captura – Información de Hardware	53
Figura #34. Captura – Visualización	54
Figura #35. Captura – Propiedades.....	54
Figura #36. Captura – Logs generados	55
Figura #37. Captura – Resultado	55
Figura #38. Decodificar – Resultado	56
Figura #39. Cámara Web	57
Figura #40. Proyector	57
Figura #41. Software Escáner 3D – Pantalla Principal.....	59
Figura #42. Desarrollo – Pantalla Principal Proyecto Qt.....	61
Figura #43. Desarrollo – Creación clase en Qt.....	62
Figura #44. Desarrollo – Programación de clases en Qt.....	63
Figura #45. Desarrollo – Uso de Interfaz gráfica	64
Figura #46. Desarrollo – Resultado de la interfaz gráfica	65
Figura #47. Desarrollo – Acciones	65
Figura #48. Desarrollo – Capturas para calibrar.....	66
Figura #49. Desarrollo – Generación de archivos para calibrar	66
Figura #50. Desarrollo – Progreso de calibración	67
Figura #51. Desarrollo – Resultado de calibración.....	67
Figura #52. Desarrollo – Captura	68
Figura #53. Desarrollo – Visualización de capturas	69
Figura #54. Desarrollo – Progreso de decodificación.....	69
Figura #55. Desarrollo – Umbral de decodificación.....	70
Figura #56. Desarrollo – Generación de reconstrucción	70
Figura #57. Pruebas – Interfaz del Escáner 3D	73

Figura #58. Pruebas – Acción Calibrar.....	74
Figura #59. Pruebas – Mensaje de error de calibración.....	74
Figura #60. Pruebas – Mensaje de error de calibración.....	75
Figura #61. Pruebas – Posición del tablero.....	75
Figura #62. Pruebas – Interfaz capturas de calibración	76
Figura #63. Pruebas – Progreso de calibración.....	77
Figura #64. Pruebas – Captura objeto.....	78
Figura #65. Pruebas – Decodificar	79
Figura #66. Pruebas – Archivos reconstruidos	79
Figura #67. Pruebas – Primera vista del objeto en Meshlab.....	80

RESUMEN

Con la aplicación y el uso de nuevas tecnologías tridimensionales, este trabajo documenta y evidencia el diseño e implementación de un escáner 3D para el desarrollo de aplicaciones multimedia enfocado a la industria del entretenimiento. Con el cual se optimiza el tiempo de creación de objetos tridimensionales utilizando módulos de procesamiento de imágenes y edición de mallas triangulares. El escáner 3D se encuentra dividido en cuatro acciones específicas: calibrar, capturar, decodificar y reconstruir; las cuales son concatenadas una de la otra para poder funcionar y obtener un objeto tridimensional. Para el diseño y desarrollo de la aplicación se utilizó módulos y paquetes de Matlab y Simulink para la optimización y diagramación de cada acción del escáner, así como el framework Qt y la correcta aplicación de OpenCv como herramienta de código abierto, logrando la elaboración de un código de programación más ordenado y una interface limpia y amigable para el diseñador multimedia. Al utilizar el escáner 3D como fuente vital de competitividad entre diseñadores multimedia en la industria del entretenimiento, se incorporó los estándares de programación sugeridos por el framework, agregando validaciones de errores en cada acción garantizando la viabilidad y funcionalidad del escáner.

Palabras clave:

Escáner 3D, Matlab y Simulink, Qt, OpenCv, Código abierto.

ABSTRACT

Using new three-dimensional technologies, this document evidences the work of the implementation of a 3D scanner for multimedia application development, focused on entertainment Industry. When the most important thing was optimized the time for creating 3D objects using image-processing modules and editing triangular meshes. The 3D scanner is divided into four specific actions: calibrate, capture, decode and reconstruct; which are essential to each other to function. For the design and development, Matlab modules and Simulink packages for optimizing and layout of each action of this software the proper application of framework Qt and OpenCV as open source tool are used, making the development of a code more orderly, clean and friendly interface for the multimedia designer. Using this software is more competitive between multimedia designers in the entertainment Industry, programming standards suggested by the framework, adding validation error in each actions for ensure the viability and functionality of the scanner was incorporated.

Keywords

3D scanner, Matlab & Simulink, Qt, OpenCv, Open source.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 El problema de Investigación

1.1.1 Planteamiento del Problema.

Actualmente en el Ecuador no se ha potencializado las habilidades y conocimientos de los diseñadores multimedia locales para crear herramientas que faciliten la digitalización de objetos tridimensionales, debido a la falta de mecanismos para el desarrollo de escáneres 3D que estén orientados a la creación de aplicaciones de entretenimiento.

Según los objetivos y políticas del Plan Nacional del Buen Vivir (Senplades, 2009) se pretenden el fortalecimiento y promoción de la innovación tecnológica así como la incorporación de las nuevas tecnologías para la inclusión de la población en la sociedad de la información.

1.1.1.1 Diagnóstico.

Nexsys fue fundada en 1988 en Colombia, incursionando en el mundo de la tecnología como uno de los primeros distribuidores especializados de software y hardware, años más tarde se consolida como el primer mayorista de valor agregado (VAD) en América Latina. Se caracteriza por ser aliado estratégico para fabricantes y socios de la industria tecnológica razón por la cual hoy cuenta con 36 fabricantes líderes mundiales del mercado IT¹ como: Adobe², AudioCodes, Autodesk³, Citrix, Dell, Epson⁴, HP, IBM, Jabra, McAfee, Microsoft, Oracle, Polycom⁵, Smart, Symantec, Toshiba, Wacom⁶, etc.

¹Information Technology o tecnología de la información: en el contexto de negocios que abarca hardware y software

² Adobe: líder global en soluciones de marketing y medios digitales

³ Autodesk: líder mundial es software 3D y servicios para diseño, ingeniería y entretenimiento.

⁴ Epson: líder en impresoras y proyectores más vendida en el mundo, prestando atención a la calidad de imagen

⁵ Polycom: líder en el mercado ofreciendo soluciones de video y colaboración

⁶ Wacom: líder en arte digital para empresa, educación y el hogar

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Los acontecimientos más característicos de Nexsys con respecto a la Industria multimedia son como distribuidor de Lotus Development⁷ año 1989, la inclusión de Autodesk a Nexsys Colombia año 1993, se consolidó la distribución de la línea Adobe y se convirtió en el primer VAD de IBM Software de Latinoamérica en el año 1996, para en el año 2000 iniciar sus operaciones en Ecuador; actualmente se ubica en las calles Juan Ramírez N 35-20 y Germán Alemán en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha.

“Misión.- Llevar al mercado las soluciones de los más importantes fabricantes de tecnología de información a nivel mundial a través de una sólida red de socios de negocios, procesos claramente definidos y un equipo humano altamente calificado y comprometido ”

“Visión.- Ser reconocidos como el mayorista de valor agregado en soluciones de tecnología de información más importante de Latinoamérica”

“Políticas de calidad: Nexsys fundamenta su política de calidad en el mejoramiento continuo de procesos, el fortalecimiento de una cultura de servicios y la optimización de recursos aplicadas a las mejores prácticas de negocios”

Nexsys ha logrado posicionarse al plantear valores y principios de equidad, transparencia y responsabilidad que enmarcan las relaciones con los socios de negocios de la Industria tecnológica pero no posee un enfoque de desarrollo sobre la actividad tecnológica tridimensional⁸ sobre la Industria del entretenimiento por cuanto en la actualidad no existe mayor desarrollo en este ámbito y es precisamente Nexsys la única empresa que está dando impulso a esta investigación y desarrollo de productos tridimensionales.

La actividad tecnológica constante de los diseñadores multimedia⁹ permite resolver y crear aplicaciones en un determinado tiempo, al existir mecanismos tradicionales y de uso general de digitalización de objetos que permiten crear, modificar y animar formas tridimensionales. Al no potencializar los conocimientos y habilidades de los diseñadores

⁷ Development: desarrollo tecnológico I+D+i (investigación, desarrollo en innovación), Programación de Sistemas de cómputo.

⁸ Tridimensional: Se refiere a los puntos donde puede ser localizado un objeto especificando tres números dentro del rango anchura, longitud y profundidad. (Rauch-Hindin, 1989)

⁹ Diseñadores Multimedia: Son los encargados de dar forma a los productos multimedia, desde páginas web hasta CD-Rom o animaciones interactivas(Carril, 2009)

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

multimedia con nuevas tecnologías de digitalización tridimensional, existe poca o nula creación de aplicaciones multimedia tridimensionales en el Ecuador (Allauca, 2014).

1.1.1.2 Pronóstico.

Debido al gran avance tecnológico vigente, existe una falta de habilidades y estrategias para los diseñadores multimedia para potencializar la incorporación de dispositivos que faciliten la obtención de objetos tridimensionales, ya que el estudiar herramientas tradicionales el diseñador multimedia¹⁰ no llega a satisfacer las nuevas necesidades de los usuarios, debido al excesivo tiempo que toma la creación de componentes tridimensionales para la obtención de un producto multimedia.

1.1.1.3 Control Pronóstico.

Adaptando las nuevas tecnologías en herramientas y mecanismos tridimensionales al diseñar e implementar un escáner 3D, se podrá crear de una manera óptima y rápida para el desarrollo de aplicaciones multimedia.

Enmarcados en los valores y principios Nexsys, se busca facilitar el acceso a nuevas tecnologías que permitan mejorar la educación y competitividad del país. Con la presencia de Nexsys sobre la Industria Tecnológica y con la obtención de certificaciones como requisitos previos por parte del autor (véase **ANEXO A**) en la actividad tecnológica son característicos para cumplir las políticas de calidad en la optimización de los recursos, identificando y aplicando las mejores prácticas de aplicaciones multimedia en el Ecuador auspiciando el desarrollo del software de escaneo tridimensional. Véase **ANEXO B**

1.1.2 Formulación del problema.

¿Cómo se puede mejorar el desempeño y tiempo de creación de aplicaciones multimedia tridimensionales?

¹⁰Muñoz Pablo (Carril, 2009). Bubok. El diseño de materiales de aprendizaje multimedia y las nuevas competencias del docente en contextos teles formativas. Pág. 137

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

1.1.3 Sistematización del problema.

- ¿Cuál es la razón que no hayan mecanismos adecuados para el desarrollo de escáneres tridimensionales?
- ¿Cómo es el desarrollo de las aplicaciones de entretenimiento en el Ecuador?
- ¿Cuál sería la incidencia en el campo tecnológico del Ecuador si se desarrollara escáneres tridimensionales para la creación de aplicaciones multimedia?
- ¿De qué modo beneficiaría el desarrollo de escáneres tridimensionales a la cultura ecuatoriana?

1.1.4 Objetivos Generales.

Diseñar e implementar un escáner 3D orientado a la creación de aplicaciones multimedia para la industria del entretenimiento utilizando módulos de procesamiento de imágenes y edición de mallas triangulares no estructuradas.

1.1.5 Objetivos Específicos.

- Investigar la funcionalidad de los Escáneres 3D para convertirla en una alternativa de software para los diseñadores multimedia.
- Incorporar herramientas 3D para mejorar el tiempo de creación de imágenes tridimensionales.
- Identificar cuál es la razón por la que la tecnología 3D no está vinculada directamente con la industria del software en el Ecuador.
- Diseñar de qué modo los diseñadores multimedia pueden interactuar de manera fácil y dinámica el uso este tipo de herramientas de escaneo tridimensional con la ayuda de una interfaz intuitiva.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

1.1.6 Justificaciones.

Esta investigación se llevó a cabo con el fin de fomentar la elaboración y uso de la tecnología en el mercado ecuatoriano por medio de la empresa Nexsys Latinoamérica como pionera en el uso de aplicaciones tridimensionales mediante el desarrollo de habilidades de los diseñadores multimedia al introducir conceptos de tecnología 3D en la industria del entretenimiento.

El concepto tridimensional es cada vez más utilizado en el ámbito tecnológico, debido a que se han logrado grandes avances especializados con una rápida evolución que crece día a día, por el cual es imprescindible mejorar el desempeño al incorporar herramientas que faciliten toda clase de automatización de procesos.

La elaboración plasmada en esta investigación está sustentada en la metodología práctica (Sosa, 2012) la cual contribuye con nuevas maneras de implementar el diseño multimedia en la tecnología tridimensional, desarrollando un producto Software como alternativa para los diseñadores multimedia.

1.2 Marco Teórico

1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema

1.2.1.1 Evolución tecnológica

La tecnología repercute en el arte con el uso del diseño multimedia, al combinar diversas estrategias creativas y de innovación propias de esa área, utilizando fotografías, videos, sonidos, animaciones manipuladas en un soporte digital.

En la historia del arte occidental gracias al fruto de grandes descubrimientos científicos se han producido tres grandes cambios:

El primer cambio tuvo lugar en el renacimiento, las obras de arte se convirtieron en representaciones fieles de personas y acontecimientos, el cual con la ayuda de la óptica provocó un cambio drástico en relación de imágenes planas y deformes de la Edad Media. El dispositivo que el filósofo chino Mo-Ti¹¹ en el siglo V AC llamó como, la creación de una

¹¹ Filósofo chino Mo-Ti: Considerado la figura más importante en la filosofía china, (479 a.C-372 a.C)

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

imagen invertida generada por el paso de los rayos de luz a través de un pequeño orificio en una habitación que después se conocería y bautizaría como “cámara oscura” (Gale Lynn Glynn, 2007) es obra más adelante del astrónomo alemán Johannes Kepler¹². En el libro *Magiae Naturalis* (Porta, 1558), Giovanni Battista della Porta recomendaba el uso de este instrumento como recurso para los artistas. Con la incorporación de la lente convexa y el descubrimiento de los compuestos fotosensibles, la cámara oscura pasó a llamarse cámara fotográfica.

El segundo cambio tuvo lugar en la segunda mitad del siglo XIX, con la llegada del Impresionismo. La fotografía ayudó a los artistas con la composición de las obras y permitió entender lo posible de capturar un instante o un movimiento en el tiempo. Mediante el uso de la técnica del boceto, los artistas se propusieron capturar los momentos fugaces de la naturaleza y aplicar los colores directamente sobre el lienzo. Durante la Revolución Industrial, la investigación científica en el campo de la física del color y la óptica enseñó a los impresionistas cómo lograr una representación más exacta de los efectos de la luz en la naturaleza. El progreso tecnológico generó un clima que llevó al ser humano a lograr cualquier cosa que se proponga (Park, Jang, Lee, & Park, 2008).

El tercer cambio decisivo para el arte se está produciendo en la actualidad. Se ha dominado la era de la Información y ha traído consigo un gran número de invenciones. La rápida evolución de tecnologías multimedia en los últimos años, presenta cada vez un mercado más competitivo y de gran aumento de número de usuarios. Esto ha provocado que las aplicaciones multimedia sean cada vez más complejas y que se deban desarrollar en el menor tiempo posible. “El modelado y la animación 3D, conforman una de las disciplinas de mayor futuro” (Ratner, 2005) , cuando se desea crear aplicaciones multimedia con componentes tridimensionales, los desarrolladores creativos manejan con mucha habilidad las herramientas de 3D pero carecen de la adecuada formación para utilizar el diseño multimedia como recurso para la creación de herramientas que faciliten el mecanismo y reduzcan el tiempo de creación de objetos tridimensionales (Biggs, 2014).

¹²Astrónomo Alemán Johannes Kepler: Considerado figura en la revolución científica, astrónomo y matemático alemán (1571-1630)(Kepler, 2001)

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

1.2.1.2 Historia de los escáneres

El escáner nace en la década de los 90 cuando Microtek¹³ desarrolla para Apple Macintosh¹⁴ el primer periférico en blanco y negro que tenía una resolución menor a 200 dpi¹⁵ el cual mediante el uso de la luz convertía imágenes impresas o documentos en formatos digitales. La existencia de los escáneres nace desde el concepto de telefotografía¹⁶ o foto cableada, tecnología basada en los telégrafos la cual consiste en el envío de no sólo de texto simple sino de la transmisión completa de la imagen; uno de los principales métodos que involucra señales de radiofrecuencia para representar diversos tonos y colores. Los escáneres siguen evolucionando y ofreciendo en la actualidad mayores usos, como es el caso de los escáneres 3D el cual ya no consiste en solo el envío de texto o imágenes, sino de la transmisión completa de objetos en formato digital con alta salida de resolución.

1.2.1.3 Función del escáner

Los escáneres funcionan iluminando el objeto (en el caso de los escáneres de tres dimensiones) o documento a ser digitalizado y dirigiendo la luz reflejada sobre un elemento fotosensible¹⁷. El circuito electrónico integrado más común de los escáneres modernos es conocido como un dispositivo acoplado cargado (CCD¹⁸), los cuales, convierten los niveles del brillo en señales electrónicas que se procesarán en imágenes digitales (Hewitt, 2014).

También existen otras dos tecnologías CIS (Sensor de Imagen de Contacto) que es una tecnología más reciente que permite que el tamaño de los escáneres sean más pequeños y livianos y PMT (tubo fotomultiplicador) que produce imágenes de alta calidad pero tiene aplicaciones limitadas como el de archivos o bibliotecas (Bouguet, 2013).

¹³Microtek: Es un fabricante con sede en Taiwán de productos de imágenes digitales y otros productos electrónicos de consumo.

¹⁴Apple Macintosh: Fundada en la década de los 70's por Steve Jobs y Steve Wozniak es la línea de ordenadores personales diseñada, desarrollada y comercializada por Apple

¹⁵DPI: Unidad de medida para resoluciones de impresión, puntos individuales de tinta que una impresora puede producir en un espacio lineal de una pulgada (puntos por pulgada)

¹⁶Telefotografía: Norma en el siglo XX y por Western Union de 1920

¹⁷Elemento fotosensible: Soporte que contiene una capa o un conjunto de capas sensibles a la luz que reaccionan al contacto con la luz formando una imagen latente

¹⁸CCD: Dispositivo Acoplado Cargado

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

1.2.1.4 Tipos de Escáner

Según la información obtenida del libro Montaje y Mantenimiento de equipos (Custodia Manjavacas Zarco, 2014), los posibles tipos de escáner son:

- **Escáner plano:** es uno de los más conocidos y vendidos. Su precio fue forzado a nivel de entrada por debajo de los \$100. Utiliza la tecnología básica en el cual el sensor de luz CCD y una fuente de luz, ambos montados en un brazo móvil pasan sobre el documento que esta sobre una placa de vidrio.
- **Escáner con alimentador de hojas:** fueron diseñados para el ambiente de negocios de grandes volúmenes ya que utilizan un transporte de rodillo que deposita la hoja en la fuente de luz para que sea digitalizado. Utiliza la misma tecnología que el escáner plano.
- **Escáner de tambor:** su principal característica es la resolución y calidad que ofrece. Este tipo de escáneres se encuentran en agencias de servicios que satisfacen al mercado con la pre-impresión a color.
- **Escáner para microfilm:** se utiliza para digitalizar películas en rollos, microfichas y tarjetas de apertura. Puede ser difícil obtener una calidad debido a la condición y capacidad de mejora mínima.
- **Escáner para diapositivas:** se utiliza para digitalizar colecciones de diapositivas como también materiales fotográficos intermedios de objetos tridimensionales y documentos que no se pueden escanear directamente.
- **Cámara digital:** las cámaras digitales combinan un escáner con óptica de cámara. A pesar de ser más lentas se pueden capturar en forma segura los materiales más frágiles sin necesidad de preocuparse por la iluminación.
- **Escáner tridimensional:** se utilizan cámaras digitales como medio de abstracción del objeto. Las cámaras digitales son indicadas para la captura directa de objetos tridimensionales, como por ejemplo objetos con gran volumen, pinturas o esculturas. (Universidad de Cornell, 2000)

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

1.2.1.5 Escáneres 3D

Los escáneres 3D son dispositivos que se pueden utilizar para capturar la información de la tercera coordenada y por lo tanto pueden ser utilizados para reconstruir un modelo 3D de un objeto físico, mediante la reconstrucción de la mayor cantidad posible de puntos tridimensionales de la superficie. Un punto puede reconstruirse si se sabe algo acerca de la tercera coordenada, que se pierde en la proyección de un punto tridimensional sobre un plano (Park, Jang, Lee, & Park, 2008).

Existen varios tipos de escáneres 3D los cuales pueden ser separados en dos grupos:

- **Escáneres de contacto:** Los escáneres de contacto utilizan una sonda para percibir la superficie de un objeto, esta sonda se une a otro dispositivo que se puede mover alrededor del objeto con el propósito de escanear o copiar todo. Cuando la sonda golpea algún obstáculo, la sonda se mueve con el fin de pasar el obstáculo. Para la utilización de los escáneres de contacto el objeto escaneado no puede ser mayor al dispositivo que mueve la sonda y como la sonda esta unida al dispositivo, no permite construir objetos con superficies que son demasiado detallados. Las reconstrucciones también dependen del material del objeto, ya que la sonda puede romper el material suave y débil. (Park, Jang, Lee, & Park, 2008)
- **Escáneres sin contacto:** también llamados escáneres ópticos ya que recogen datos de proyecciones de luz por medio de una cámara u otro dispositivo portátil. Los escáneres sin contacto pueden ser colocados a una distancia considerable donde el objeto entero sea visible para poder ser escaneado.

Los escáneres sin contacto pueden ser pasivos o activos (Bottino & Laurentini, 2006):

- **Escáner pasivo:** el escáner pasivo se forma cuando una o más cámaras capturan imágenes del objeto, estas imágenes se pueden utilizar para reconstruir un modelado 3D del objeto mediante el uso de la visión estéreo. Los escáneres pasivos no envían algún tipo de luz o radiación controlada (Ratner, 2005), pero se puede utilizar la información de la luz que ilumina el objeto para determinar la información conocida de las posiciones de la luz. Otra forma es utilizar métodos de detección de características sobre las imágenes y encontrar los puntos correspondientes de este

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

método en dos imágenes. Este enfoque no es muy robusto si el objeto escaneado contiene periodicidad donde la misma característica se encuentra en múltiples ubicaciones.

- **Escáner activo:** el escáner activo pueden enviar algún tipo de luz o radiación controlada, esto puede por ejemplo, ser un escáner de luz estructurada que proyecta patrones de diferente luz sobre el objeto o escáneres que proyectan un único punto en el objeto que puede ser utilizado como una característica especial en las imágenes. Este enfoque es muy lento, ya que cada medición de un punto 3D requiere una imagen del punto proyectado sobre el objeto y para cada imagen se necesita un método de seguimiento para encontrar el punto de referencia tridimensional.
- **Luz estructurada:** la luz estructurada es un método extendido del método de punto, en donde uno o múltiples franjas se proyectan sobre la superficie del objeto. Esto puede, por ejemplo, ser un patrón de color de rayas, donde cada franja vecina tiene un color diferente. Al utilizar diferentes colores es que toda la información puede obtenerse a través de una sola proyección del patrón, lo que hace a este método rápido.

Los tipos de errores que se pueden producir con este método es que el color de la superficie pueda interferir con el color proyectado sobre la superficie y dará lugar a mediciones erróneas. Estos errores se pueden reducir mediante la filtración de los colores de la superficie. (Lee, Je, & Lee, 2007).

Otro tipo de uso de la luz estructuradas es la codificación de patrones binarios, en los que la secuencia de patrones de luz se proyecta sobre la superficie del objeto. Este método es el más robusto en comparación con el método de patrones de color, sin embargo a medida que los patrones se proyectan sobre la superficie de forma secuencial, el tiempo necesario para una exploración aumenta y el objeto escaneado tiene que ser estático.

- **Otros tipos:** otros tipos de escáneres 3D no utilizan la visión estéreo para medir los puntos 3D de objetos, sino que miden la distancia del objeto. Esto puede hacerse mediante el envío de un impulso de luz al objeto y medir el tiempo que toma la luz al

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

volver al sensor. Al utilizar el conocimiento de la velocidad de la luz y la distancia, el objeto se puede encontrar y por lo tanto un punto tridimensional puede ser medido.

Según el libro “El pulso de láser y rangos para mediciones de distancias industriales” (Kilpela, Pennala, & Kostamovaara, 2007) este tipo de escáneres 3D los autores los llaman “escáneres de vuelo”, ya que el escáner solo mide la información sobre un solo punto en el tiempo y lo diagnostican como un método muy rápido. Con el fin de explorar toda la superficie de un objeto se utilizan motores o espejos para cambiar la dirección del impulso y por lo tanto el tiempo que toma para escanear un objeto depende del tiempo empleado para cambiar la dirección.

1.2.1.6 Sistema de visión y procesamiento de imágenes

El sistema de visión y procesamiento de imágenes se compone de tres subsistemas (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010) los cuales son:

- **Procesamiento de bajo nivel:** el procesamiento de bajo nivel o más conocido como pre-procesamiento que realizan procesos como suavizado, umbralización, eliminación de ruido, definición de bordes.

Las operaciones de procesamiento que se también se pueden realizar son:

- **Edición, retoque, mejora:** en esta operación se incluye pasos como la eliminación de capas, eliminación de puntos, aumento de nitidez, utilización de filtros personalizados y ajustes de profundidad.
- **Compresión:** esta operación algunas veces es llevada a cabo por firmware dedicado del escáner o hardware dedicado de la computadora. Como también puede ser un proceso de software y se lo puede considerar cuando se crean archivos muy grandes en tamaño o cantidad.
- **Conversión de formato:** el escaneo original puede no estar en un formato adecuado por lo que se requiere de una conversión

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

- **Escala:** cuando un escaneo tiene demasiada resolución y no es adecuado para visualizarlos de mejor manera, se aplica la escala, es decir, la reducción de bits (Universidad de Cornell, 2000).
- **Procesamiento de nivel medio:** en el procesamiento de nivel medio se realizan procesos de definición de límites y extracción de características.
- **Procesamiento de alto nivel:** en el procesamiento de alto nivel se establecen relaciones entre los objetos de la descripción de la escena.

1.2.1.7 Procesamiento digital de imágenes

El procesamiento digital de imágenes se podría definir como la operación de imágenes mediante computadora, donde la materia prima del procesamiento de imágenes y la visión son las imágenes las cuales son la representación del mundo físico que puede ser captado mediante un proceso de muestreo, utilizando medios electrónicos (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010).

Para la obtención de imágenes digitales se requiere de un proceso que involucra captura, muestreo, cuantificación, codificación.

Según el libro “Procesamiento digital de imágenes usando MatLAB y Simulink (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010)” el modelo más común de representación de la imagen es por medio de la matriz:

$$I(x,y) = \begin{matrix} I(1,1) & I(2,1) & \dots & I(N,1) \\ I(1,2) & I(2,2) & \dots & I(N,2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I(1,M) & I(2,M) & \dots & I(N,M) \end{matrix}$$

Donde la imagen está representada como $I(x,y)$ y el valor de la intensidad se obtiene por el indexado de las coordenadas x e y .

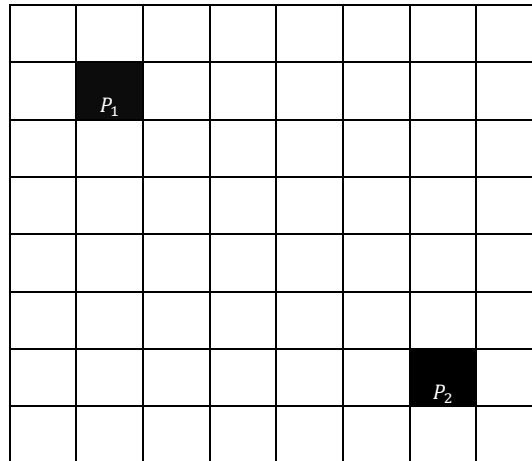
1.2.1.8 Medidas de distancia

La medida más utilizada en el procesamiento de imágenes es la distancia existente entre dos píxeles, la cual se puede encontrar en aplicaciones de similitud, medición de objetos encontrados en una escena, entre otros (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010).

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #1. Relaciones Posicionales: Definición de los píxeles

Elaborado por: Jairo Escobar



Las medidas más comunes (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010) para encontrar las relaciones posicionales entre píxeles son:

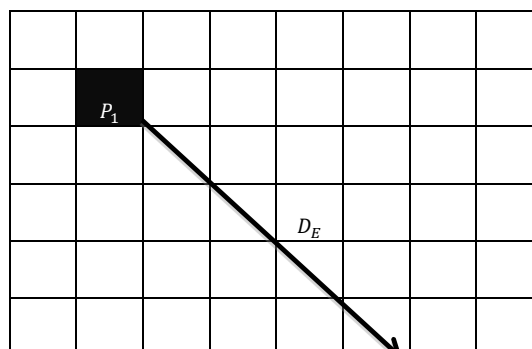
- **Distancia euclidiana:** la distancia euclidiana es la distancia existente entre dos píxeles, la cual es definida como:

$$D_E(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

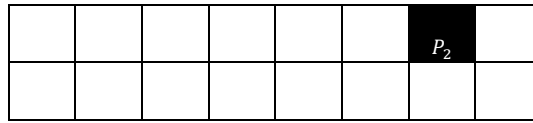
Donde la distancia representa el valor resultante entre $I_1(x_1, x_2)$ e $I_2(x_1, x_2)$

Figura #2. Distancia euclidiana D_E

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR



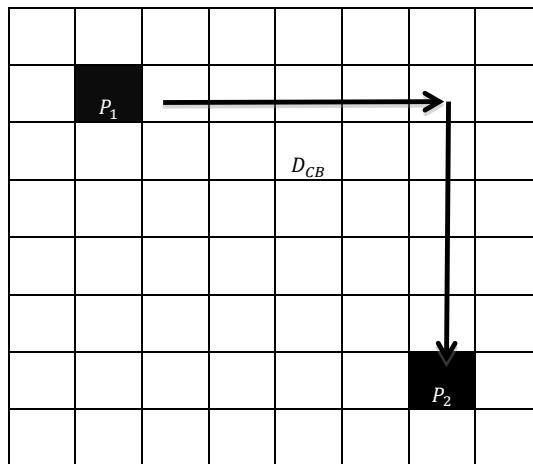
- **Distancia city-block:** la distancia city-block es la suma de la distancia horizontal y vertical entre ambos píxeles, la cual es definida como:

$$D_{C-B}(P_1, P_2) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$

Donde la distancia representa la suma de los píxeles resultantes entre $I_1(x_1, x_2) + I_2(x_1, x_2)$ de la distancia horizontal y vertical encontrados.

Figura #3. Distancia city-block D_{C-B}

Elaborado por: Jairo Escobar



- **Distancia chessboard:** la distancia chessboard es la máxima distancia horizontal y vertical que existe entre dos píxeles, la cual es definida como:

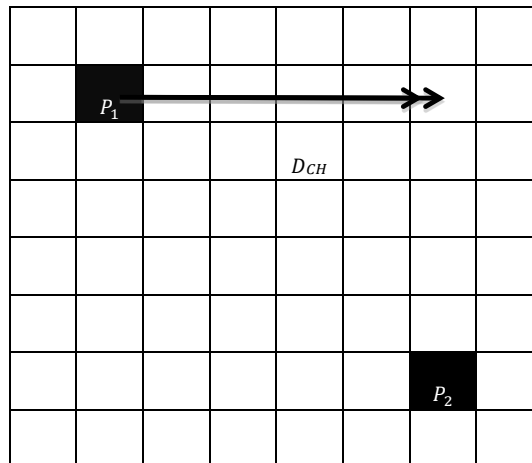
$$D_{CH}(P_1, P_2) = \max (|x_1 - x_2| , |y_1 - y_2|)$$

Donde este tipo de ecuación al ser considerado el recorrido máximo horizontal y vertical en un solo sentido lo hace similar al juego de ajedrez (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010). Este tipo de distancia es la más utilizada desde el procesamiento digital de imágenes ya que al considerar el recorrido máximo horizontal y vertical, hace que este tipo de distancia sea más rápida en calcular.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #4. Distancia chessboard D_{CH}

Adaptado por: Jairo Escobar



La decisión de qué tipo de distancia utilizar depende de la aplicación y las posiciones que se requieran, la distancia euclidiana es la más utilizada, pero en los escáneres 3D la distancia a utilizar es la chessboard donde las características como recorridos máximos entre caminos de píxeles son de interés.

1.2.1.9 Triangulación

En el escaneo 3D se toman como referencia dos tipos de triangulación (Watt, 2000):

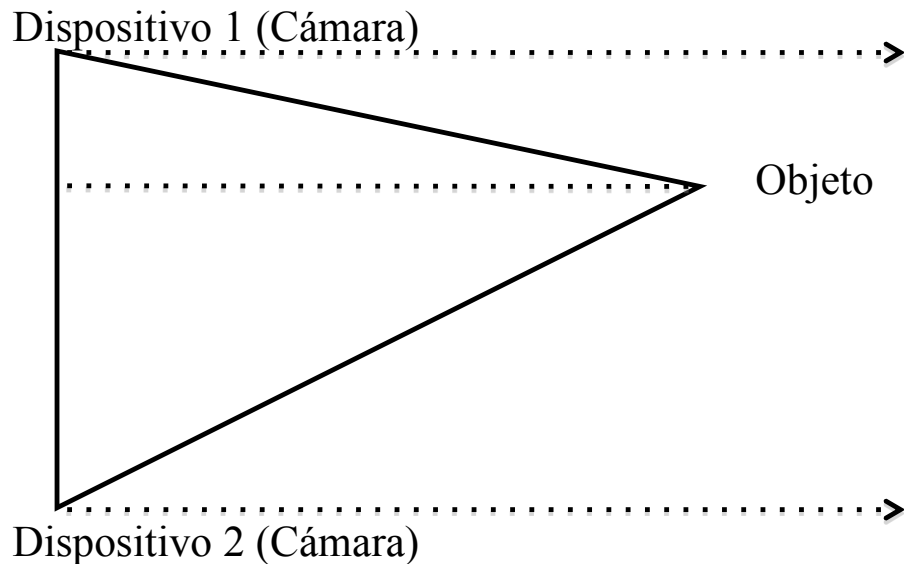
- **Triangulación a partir de características inherentes:** La mayoría de escaneados se basan en la triangulación con excepción de los sistemas de vuelo como el proyecto Natal¹⁹ de Microsoft. La triangulación funciona sobre el principio básico trigonométrico (Harley & Zisserman, 2004) tomando tres mediciones de un triángulo y el uso de ellos para recuperar las mediciones restantes, con la ayuda de dispositivos electrónicos para la barrida de información

¹⁹ Proyecto Natal: Desarrollado por Microsoft para la video consola Xbox 360 y actualmente para Windows 7 y Windows 8, también más conocido por el nombre de Kinect para Xbox 360. Es un controlador de juego el cual permite al usuario controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tener contacto físico con la consola.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #5. Triangulación

Elaborado por: Jairo Escobar



Al momento de tener dos perspectivas de un objeto se obtendrán las mediciones con respecto al ángulo en base a la posición del objeto en imágenes de un dispositivo. La posición del dispositivo 1 y dispositivo 2 forman dos ángulos y un lado, los cuales permiten calcular la distancia al objeto, esto se relaciona cómo los seres humanos pueden ver la profundidad. (Watt, 2000)

- **Triangulación de características proyectadas:** este tipo de triangulación en lugar de utilizar múltiples sensores de imagen, se puede reemplazar un dispositivo de la Figura #5 con un puntero láser, así al realizar un ángulo con el puntero y el otro con la cámara se puede obtener la distancia del objeto.

Pero las cámaras no se limitan a un punto, se podría escanear una línea entera, este es el fundamento de los sistemas de escaneo tridimensional, el barrer una línea de la escena a través de un láser, o se podría proyectar un montón de líneas y realizar un seguimiento de todas simultáneamente. Este proceso se llama el escaneo de luz estructurada (Lee, Je, & Lee, 2007).

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica

Debido a los costos y tiempo que implica desarrollar una aplicación multimedia, produciendo contenidos de entretenimiento de mayor calidad con software propietario de animación, Nexsys decidió utilizar módulos de software de código abierto y software propietario para la creación del escáner 3D unificados en una interfaz única presentando a continuación las herramientas que se utilizaron en el diseño e implementación de un escáner 3D como Software para el desarrollo de aplicaciones:

Se optó por utilizar el método de los escáneres sin contacto activo para que recoja datos de proyecciones de luz por medio de la cámara web y que puede ser colocado a una distancia considerable del objeto en el plano. Además de utilizar el método de luz estructurada en donde múltiples patrones o franjas de proyectan sobre la superficie del objeto.

Para el procesamiento de imágenes se adoptó el procesamiento de bajo y nivel medio para la definición de límites y extracción de características sobre el pre-procesamiento como la umbralización y definición de bordes. Y como medida de distancia se escogió la distancia chessboard por considerar el recorrido máximo entre píxeles, el cual se utilizó para la calibración de la cámara y proyector.

Para la programación del código efectuado se utilizó la versión más reciente del código fuente de OS X Yosemite actualizando la base de puertos MacPorts, el cual permitió gestionar los módulos de código abierto y librerías proporcionadas por Apple para la utilización del compilador, bibliotecas y herramientas adicionales para el desarrollo del software de escaneo tridimensional.

Para la interfaz gráfica se adoptó Qt como biblioteca multiplataforma para el uso intuitivo del escáner 3D, de la misma manera, OpenCv que es una biblioteca libre de visión artificial la cual permitió detectar el movimiento y el reconocimiento de objetos. Qt y OpenCv al ser desarrollado como software libre y de código abierto se implementó en Xcode y Qt como biblioteca de desarrollo y de detección de imágenes respectivamente.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Para la calibración del proyector y la cámara se utilizó el material suplementario de la Universidad de Brown (Moreno & Taubin, 2009), de igual manera se utilizó MatLAB y Simulink para realizar los cálculos técnicos y de simulación por medio de histogramas para evaluar las propiedades importantes de las imágenes, especialmente los errores producidos en la toma de imágenes.

1.2.3 Marco conceptual

Modelado 3D: radica en ir dando forma a objetos que serán utilizados en una determinada escena, al momento de ser un modelado basado en imágenes este consiste en convertir una fotografía mediante técnicas en 3D (García, 2007).

Animación 3D: la animación dentro de los gráficos digitalizados es muy importante ya que se trata de imitar la realidad misma, por lo que es un trabajo que requiere de muchas horas (Wittmer, 2003).

Aplicaciones Multimedia: son sistemas interactivos que permiten al usuario interactuar, crear y comunicarse mediante el uso de dispositivos (Belloch, 2013).

Herramientas 3D: es un conjunto de aplicaciones que permiten al usuario o diseñador multimedia a la creación y manipulación de gráficos 3D por medio de la computadora (Wittmer, 2003).

Escáner 3D: este tipo de escáner permite crear modelos virtuales tridimensionales a partir de objetos reales; el modelo 3D resultante puede emplearse de forma digital tanto en películas de animación, videojuegos, aplicaciones multimedia o acogerse a su vez para replicarlo utilizando una impresora 3D sin necesidad de emplear software de modelado 3D, es decir, hacer una copia de un objeto físico (Javier Gómez Lahoz, 2010).

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

CAPÍTULO II

MÉTODO

2.1 Análisis

2.1.1 Levantamiento de Información

Se acogió el modelo de investigación documental y la de investigación de proyecto de desarrollo, debido a que se reforzó el conocimiento de la funcionalidad del Escáner 3D con el apoyo de registros impresos, audiovisuales y electrónicos que sirvieron para el desarrollo del producto software.

Se utilizó el método inductivo-deductivo, lo que implica que para el diseño e implementación del escáner 3D fue importante partir de conocimientos particulares a conocimientos generales para luego reconstruir e integrar las partes del software en una consola unificada, es decir, se conocía los fundamentos de procesamiento digital de imágenes lo cual permitió tener el conocimiento e ideas para desarrollar el mecanismo automático de digitalizar objetos.

El objetivo de este proyecto fue la construcción de un escáner 3D vía software usando una cámara digital y un solo proyector. Para la verificación de cada componente del sistema se utilizó Matlab para comprobar las etapas de desarrollo los cuales son:

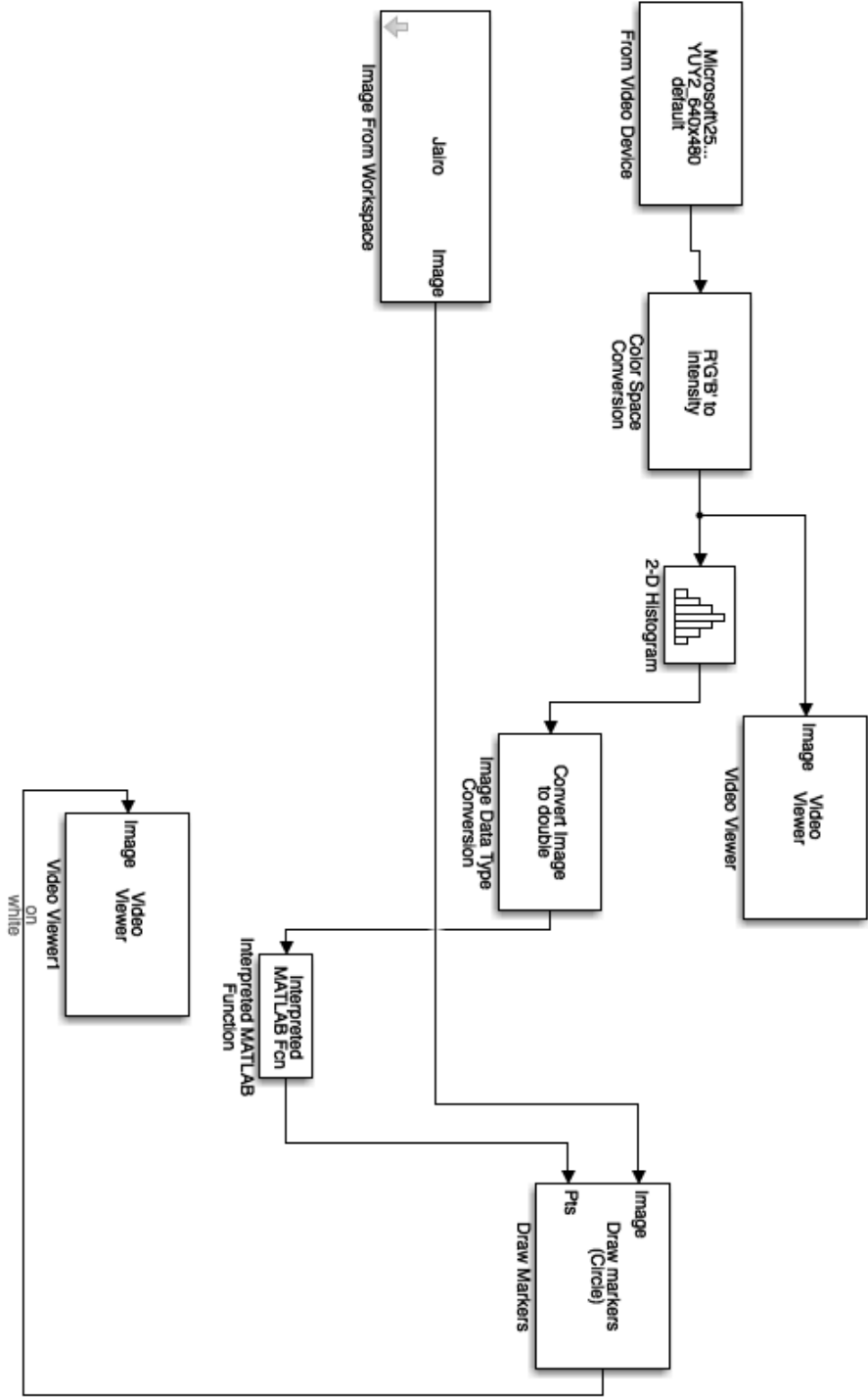
2.1.1.1 Histograma

Los histogramas son distribuciones para determinar la intensidad que representa en una imagen y muestra las importantes características de ella; como el contraste y el rango dinámico, los cuales son problemas al momento de captar una imagen y se lo utiliza para analizar con mejor claridad las propiedades de las imágenes en bloques de procesamiento (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010).

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #6. Diagrama de un histograma

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Según el diagrama de la Figura anterior el programa se entiende de la siguiente manera: la imagen capturada por la webcam es convertida a escala de grises y posteriormente se calcula su histograma utilizando el bloque 2-D Histogram. Esto quiere decir, la imagen capturada en tiempo real por la webcam y dará inmediatamente el histograma correspondiente.

Para obtener la información de la webcam se añade a una variable el tipo de cámara que va a utilizar, obteniendo lo siguiente:

- Primero se obtiene la información del driver instalado en el equipo, utilizando la función **imaqhwinfo**

Figura #7. Verificación del driver en Matlab

Elaborado por: Jairo Escobar

```
>> imaqhwinfo  
  
ans =  
  
    InstalledAdaptors: {'macvideo'}  
      MATLABVersion: '8.3 (R2014a)'  
      ToolboxName: 'Image Acquisition Toolbox'  
      ToolboxVersion: '4.7 (R2014a)'
```

- Luego de obtener el nombre del driver instalado {'macvideo'}, se llama para verificar que dispositivos de video hay disponibles, utilizando la función **imaqhwinfo('macvideo')**

Figura #8. Verificación de dispositivos de video en Matlab

Elaborado por: Jairo Escobar

```
>> imaqhwinfo('macvideo')  
  
ans =  
  
    AdaptorDllName: '/Users/Jairo/Documents/MATLAB/SupportPackages/R2014a/generic...'  
    AdaptorDllVersion: '4.7 (R2014a)'  
      AdaptorName: 'macvideo'  
      DeviceIDs: {[1] [2]}  
      DeviceInfo: [1x2 struct]
```


DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

- Esta función indica el identificador del dispositivo conectado. Siendo el identificador {[1]} a utilizar para eso se utilizará la función **imaqhwinfo('macvideo',1)**

Figura #9. Identificador de dispositivo en Matlab

Elaborado por: Jairo Escobar

```
>> imaqhwinfo('macvideo',1)

ans =

    DefaultFormat: 'YUY2_640x480'
 DeviceFileSupported: 0
   DeviceName: 'Microsoft\256 LifeCam VX-2000'
    DeviceID: 1
VideoInputConstructor: 'videoinput('macvideo', 1)'
VideoDeviceConstructor: 'imaq.VideoDevice('macvideo', 1)'
   SupportedFormats: {'YUY2_640x480'}
```

- Luego se añade una variable para determinar los formatos soportados, para eso se utiliza la función **camara=imaqhwinfo('macvideo',1)**

Figura #10. Variable de formatos soportados en Matlab

Elaborado por: Jairo Escobar

```
>> camara=imaqhwinfo('macvideo',1)

camara =

    DefaultFormat: 'YUY2_640x480'
 DeviceFileSupported: 0
   DeviceName: 'Microsoft\256 LifeCam VX-2000'
    DeviceID: 1
VideoInputConstructor: 'videoinput('macvideo', 1)'
VideoDeviceConstructor: 'imaq.VideoDevice('macvideo', 1)'
   SupportedFormats: {'YUY2_640x480'}

>> camara.SupportedFormats

ans =

'YUY2_640x480'
```

- Inmediatamente de determinar el formato soportado, se añadirá a una variable el video obtenido desde la webcam, para eso se utiliza la función **video=videoinput('macvideo',1,'YUY2_640x480')**, con esta función se determina

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

que la webcam está habilitada y utilizando la función **preview(video)** se visualiza el video en el equipo.

Figura #11. Función preview en Matlab

Elaborado por: Jairo Escobar

```
>> video=videoinput('macvideo',1,'YUY2_640x480')
```

Summary of Video Input Object Using 'Microsoft\256 LifeCam VX-2000'.

Acquisition Source(s): default is available.

Acquisition Parameters: 'default' is the current selected source.
10 frames per trigger using the selected source.
'YUY2_640x480' video data to be logged upon START.
Grabbing first of every 1 frame(s).
Log data to 'memory' on trigger.

Trigger Parameters: 1 'immediate' trigger(s) on START.

Status: Waiting for START.
0 frames acquired since starting.
0 frames available for GETDATA.

```
>> preview(video)
```

Figura #12. Resultado de función preview en Matlab

Elaborado por: Jairo Escobar

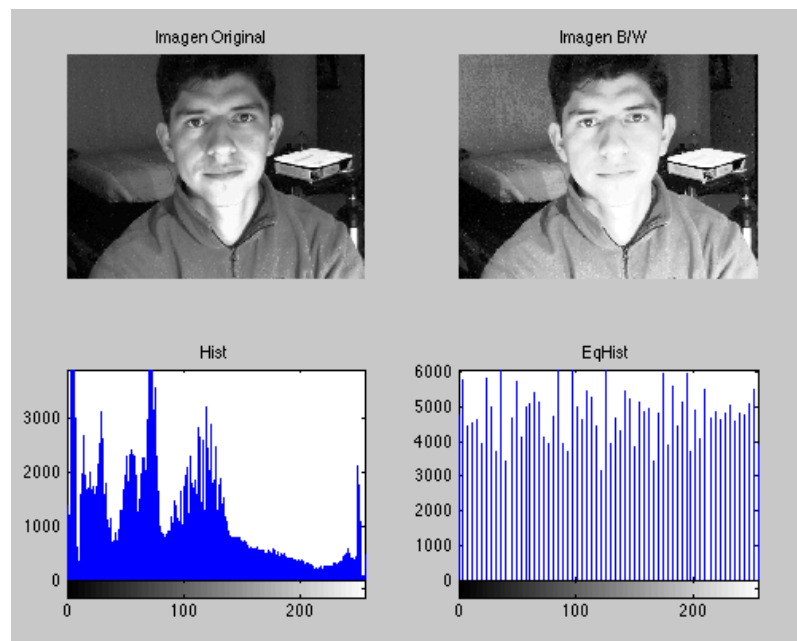


DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Luego de determinar la función de la cámara disponible en Matlab este será el resultado del diagrama de la Figura#6, en el cual se observa los histogramas de la imagen original y con filtro.

Figura #13. Resultado del diagrama de un histograma en Simulink

Elaborado por: Jairo Escobar



2.1.1.2 Bordos y contornos

Los bordes y contornos son característicos en una imagen, y son detectados por cambios de intensidad o de color. Para el escáner 3D es muy importante saber cómo se producen los contornos, ya que los bordes tienen un rol predominante en el sistema de escaneo los cuales son considerados como puntos de referencia de información de una imagen en el cambio o direccionamiento de luminosidad o de intensidad de color cambia el tamaño y forma de la imagen, sobre todo a la perspectiva de la visión humana.

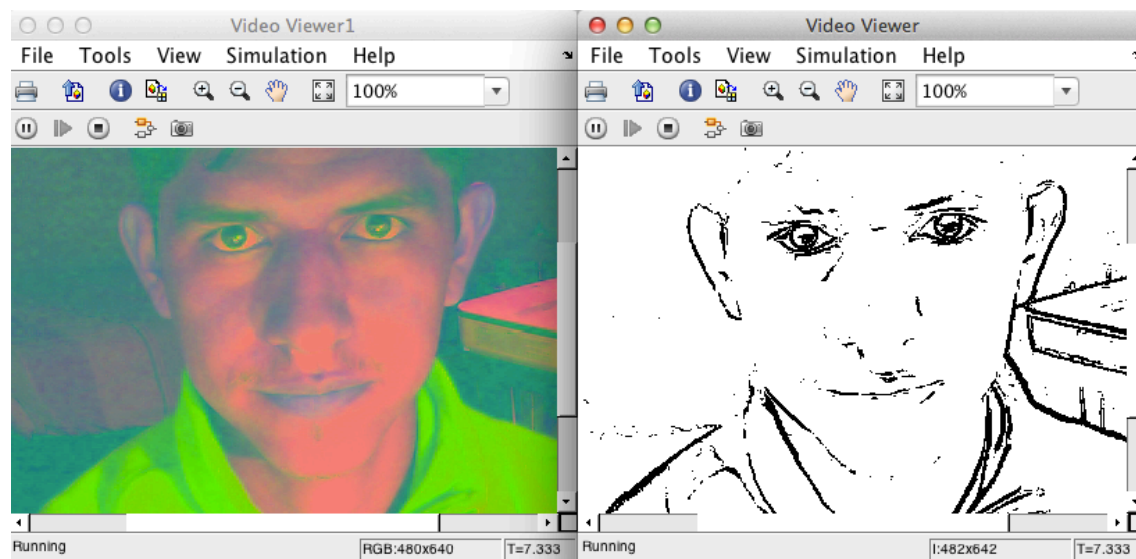
Para la detección de los bordes se utiliza Matlab y Simulink para el cálculo de los bordes de una imagen capturada en tiempo real desde una cámara web; para lo que se utilizará los bloques de procesamiento de imagen y video de Simulink para la determinación de bordes de una imagen, obteniendo el siguiente diagrama:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

El diagrama anterior muestra el algoritmo para la detección de bordes de Simulink procesando frames de video incorporando el bloque “From Video Device” para adquirir las imágenes de la cámara web y el umbral utilizado para la detección del borde de 0,2

Figura #15. Resultado del diagrama de bordes y contornos

Elaborado por: Jairo Escobar



2.1.1.3 Determinación de esquinas

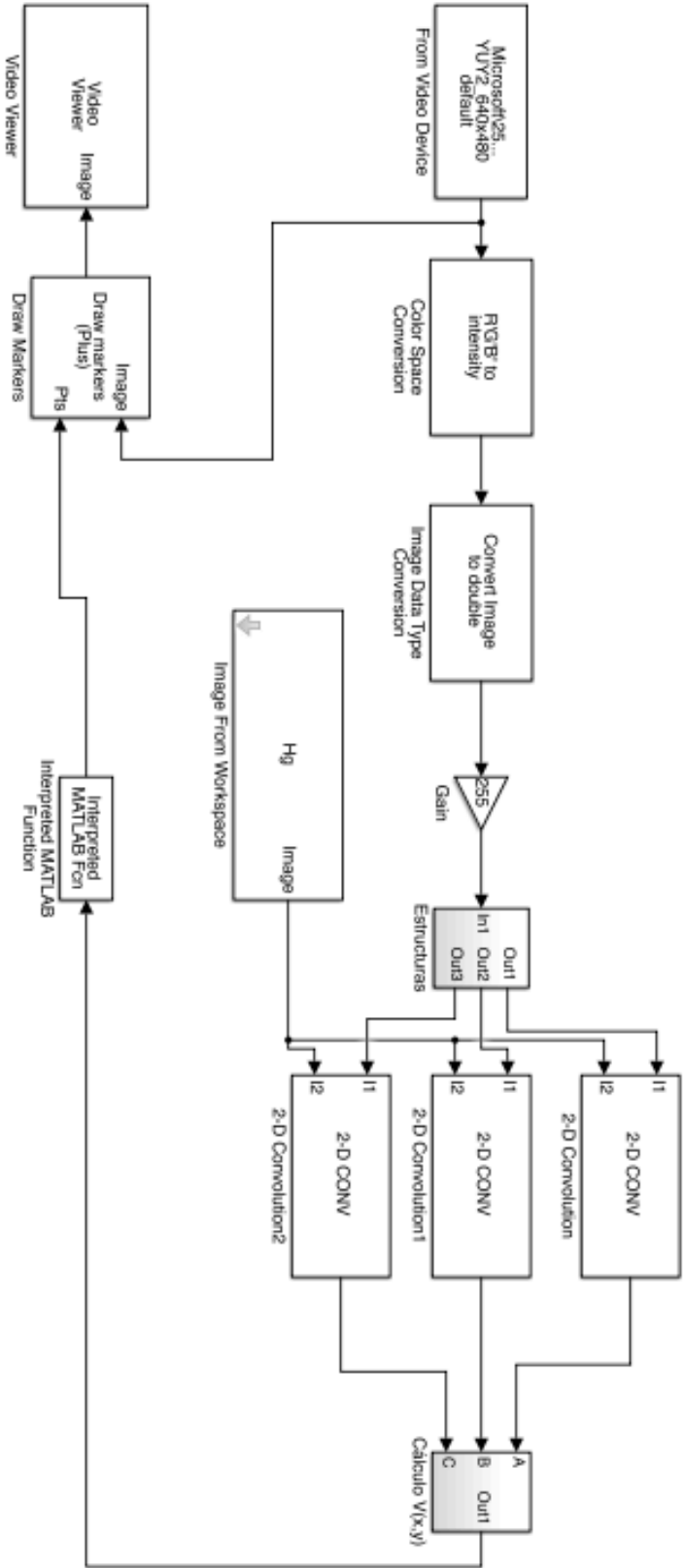
Las esquinas se les considera como el vértice que une diferentes puntos a la vez y pueden utilizarse en diferentes tipos de aplicaciones como el seguimiento de objetos, ordenar las estructuras de objetos y en el escáner 3D se utilizará como puntos de referencia en la calibración de la cámara.

Para determinar las esquinas de la imagen proveniente de la cámara en el escáner 3D se utiliza Matlab. Aunque Matlab no dispone de una función específica que permita extraer de manera directa las esquinas de una imagen, con la ayuda de Simulink e implementando directamente el programa, permite realizar este proceso, cabe señalar que tampoco existe un bloque específico en Simulink que permita calcular las esquinas de las imágenes capturadas en video por lo que será necesario adaptarlo en el siguiente diagrama:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #16. Diagrama de determinación de esquinas

Elaborado por: Jairo Escobar

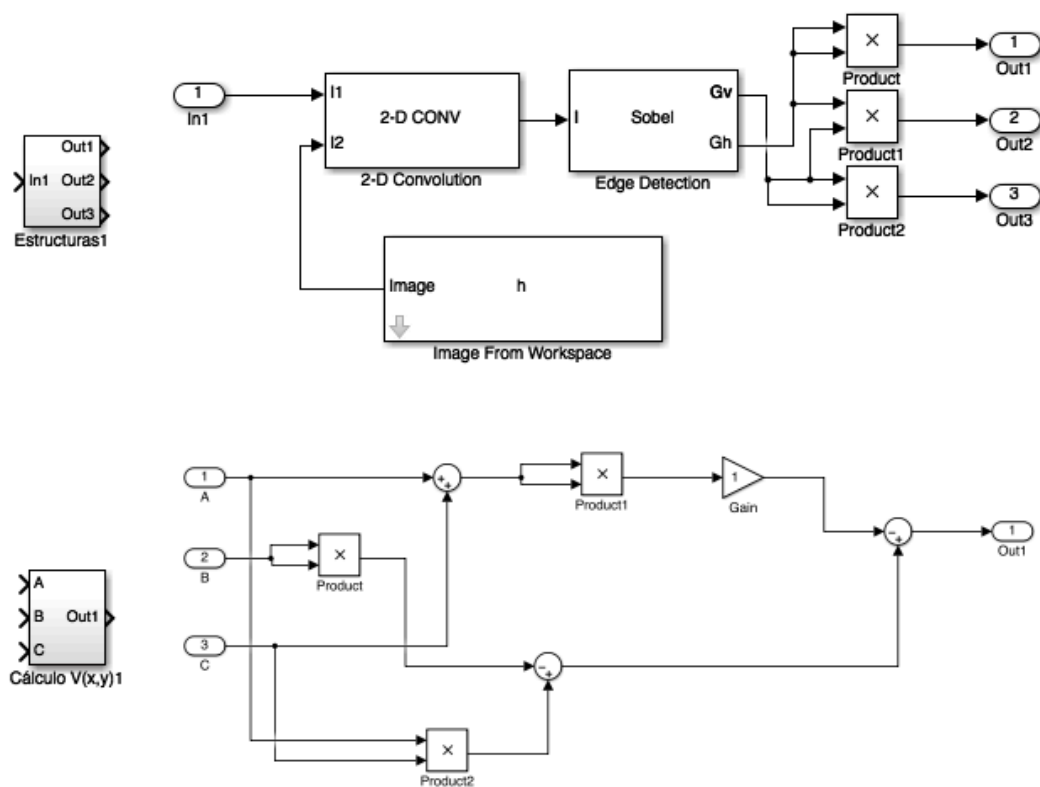


DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

El diagrama de la figura anterior se relaciona con la siguiente figura, ya que es un subsistema del diagrama para la determinación de las esquinas. La manera sencilla de crear un diagrama en Simulink es determinar el bloque que se desea utilizar y arrastrar al espacio de trabajo, y para crear un subsistema, se selecciona con el ratón el segmento del programa que se empaquetó como Estructuras y Cálculo, se da click derecho con el mouse, y se debe seleccionar la opción “Crear Subsistema”. La figura siguiente figura muestra el contenido de los subsistemas.

Figura #17. Diagrama bloques estructura y cálculo

Elaborado por: Jairo Escobar



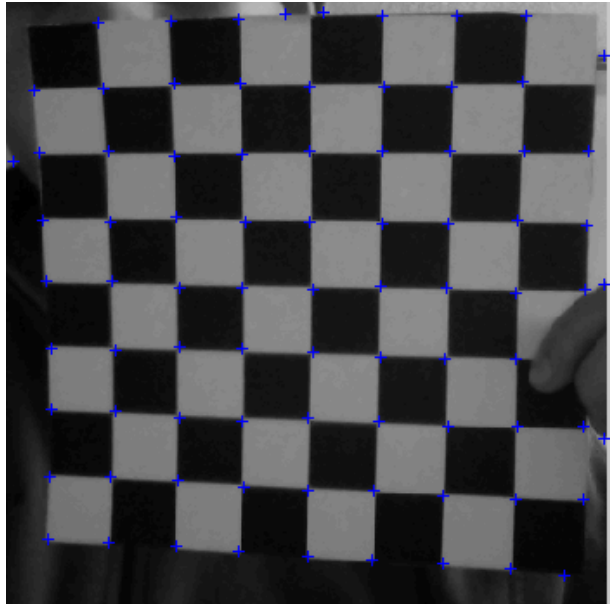
El diagrama de la determinación de bordes muestra el algoritmo de Harris para el funcionamiento del programa. Primero la imagen es captada por la cámara web y convertida a

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

una imagen con intensidad, luego se convierte el tipo de dato de la imagen a double mediante el bloque “Image data type conversion”. La imagen que se obtiene es la siguiente:

Figura #18. Resultado del diagrama de determinación de esquinas

Elaborado por: Jairo Escobar



Es muy importante determinar la implementación del algoritmo de Harris (Moreno & Taubin, 2009), pues este algoritmo hace uso de la ecuación de la distancia chessboard para la diferenciación de las esquinas de los bordes debido a su gradiente; debido a ser un algoritmo robusto, no importa la orientación de la imagen.

2.2.1 Consideraciones para el diseño

Al momento de realizar el levantamiento de información, se indagaron los requerimientos necesarios para el software Escáner 3D y se logró recolectar las funcionalidades necesarias para poder dividir el proyecto en 4 etapas de desarrollo, que son:

2.2.1.1 Calibrar

La calibración de la cámara permite determinar los parámetros importantes que se pueden utilizar para realizar mediciones en el espacio. Este proceso se denomina proyección en perspectiva (Heijden, Korsten, & Otthius, 2004) y describe la relación geométrica que a

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

cada punto tridimensional $A[X, Y, Z]$ se le asigna un punto bidimensional $O[x, y]$, es decir que la imagen obtenida en el plano asume un punto tridimensional para poder ser leído en el software.

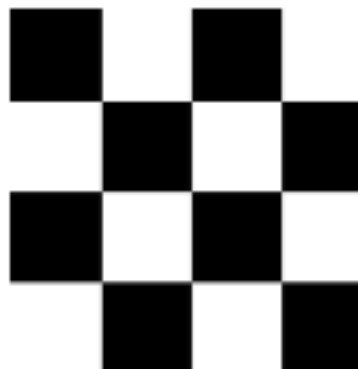
Antes de la calibración, es necesario ajustar el sistema de escaneo 3D. Debe ser ajustado para cubrir toda el área de escaneado deseado, esto significa, determinar la posición de la cámara, el zoom y el enfoque sobre el plano de exploración. Después de la calibración, ya no es posible cambiar sus parámetros; de lo contrario sería necesario realizar la calibración de nuevo.

Es necesario el uso apropiado de objetos de calibración, patrones o formas. Estos patrones se utilizan sobre la base de las imágenes adquiridas por la cámara digital. El patrón a ser utilizado en el Escáner 3D es el patrón de tablero de ajedrez o chessboard, la cual se utiliza en la caja de herramientas de la cámara para MATLAB y OpenCV.

Utilizando el algoritmo de Harris en la determinación de esquinas, se logra calibrar de mejor manera la cámara y el proyector. Este patrón se imprime sobre una superficie sólida con dimensiones y parámetros predefinidos.

Figura #19. Calibración – Tablero de Ajedrez

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

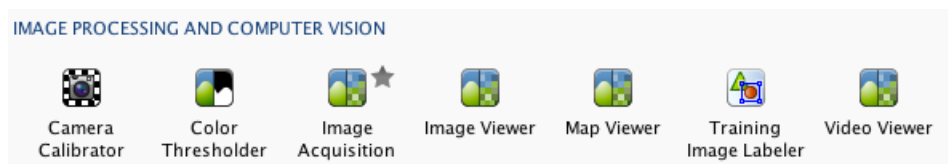
2.2.1.2 Calibración de la cámara – Caja de herramientas para Matlab

La caja de herramientas de calibración de la cámara (Bouguet, 2013) es una herramienta robusta en el entorno de cálculo matemático de MATLAB (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010), lo que permitió calibrar la cámara del sistema de escaneo 3D. La caja de herramientas para Matlab proporciona muchas herramientas para analizar los resultados de calibración, lo que hace posible suprimir los errores de calibración a un mínimo.

En la siguiente figura se puede observar las diferentes aplicaciones sobre las cajas de herramientas para Matlab para el procesamiento de imagen y visión computarizada, entre ellas el Calibrador de Cámara.

Figura #20. Calibración – Caja de herramientas Matlab

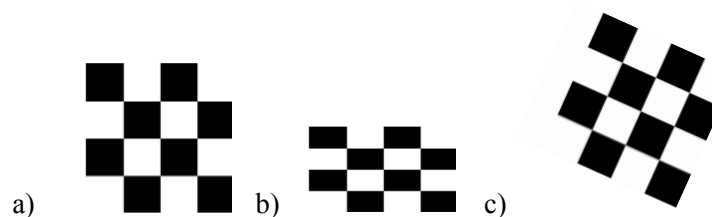
Elaborado por: Jairo Escobar



Al momento de utilizar la caja de herramienta para Matlab para la calibración de la cámara, se abrirá una nueva pantalla en la que se añadió las imágenes necesarias para poder calibrar nuestra cámara. Es necesario recordar, que la calibración utiliza el algoritmo de Harris para la detección de esquinas, así como la medida de distancia chessboard o tablero de ajedrez. Para la calibración es necesario por lo menos tener 3 tipos de captura en diferentes posiciones: a) normal, b) acostado, c) inclinado.

Figura #21. Calibración – Posiciones de calibración

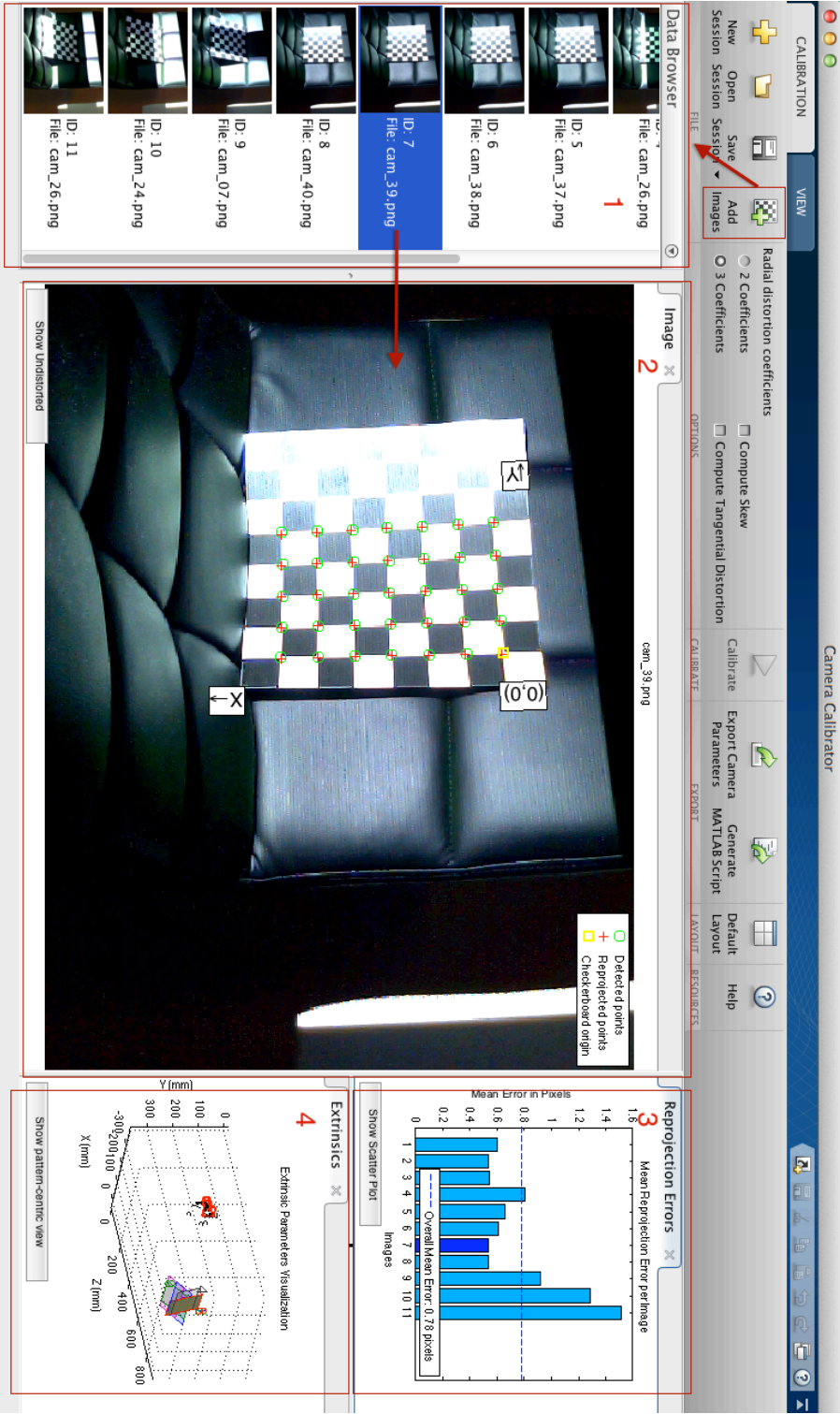
Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #22. Calibración – Aplicación Matlab

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

En la figura anterior cuatro espacios de trabajo importantes, el primero muestra el identificador de la imagen añadida (figura #23), el segundo espacio de trabajo muestra la visualización del algoritmo de Harris de la imagen añadida (figura #24), ahí se puede observar como el algoritmo trabaja sobre la imagen detectando las esquinas, el tercer espacio de trabajo muestra el histograma de los errores de la proyección por imagen añadida (figura #19) y el cuarto espacio de trabajo muestra los valores extrínsecos de la imagen a calibrar (figura #20).

Figura #23. Calibración – Identificador de imagen

Elaborado por: Jairo Escobar

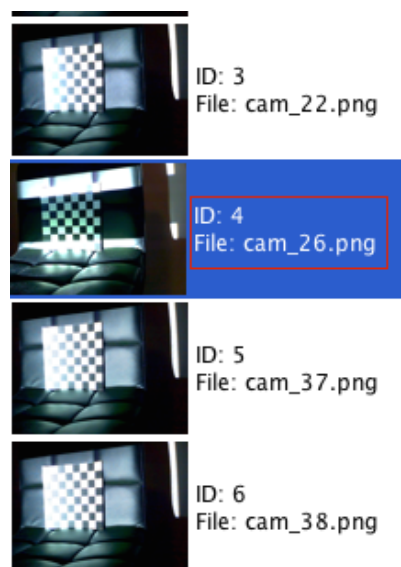
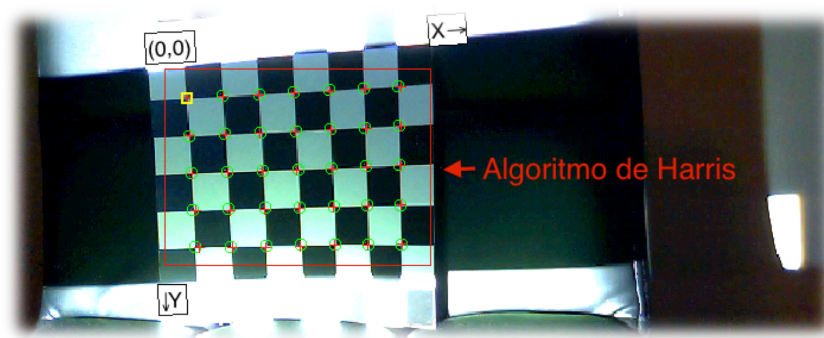


Figura #24. Calibración – Determinación de esquinas

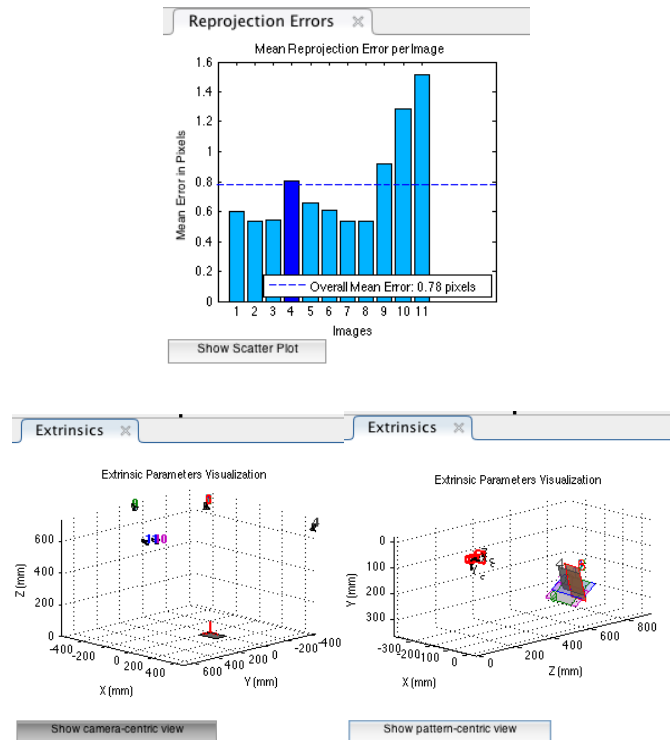
Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #25. Calibración – Histograma de errores y valores extrínsecos

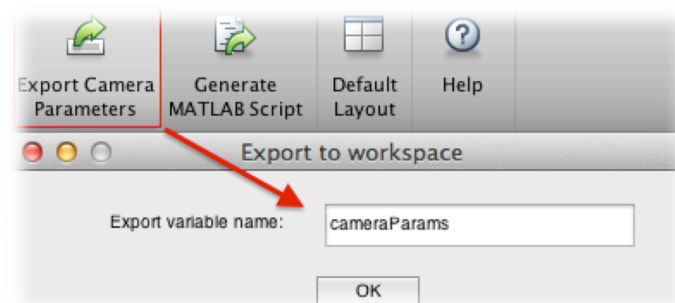
Elaborado por: Jairo Escobar



Luego de determinar los errores en las imágenes de calibración se exportó los parámetros de la cámara calibrada.

Figura #26. Calibración – Exportación de parámetros de cámara

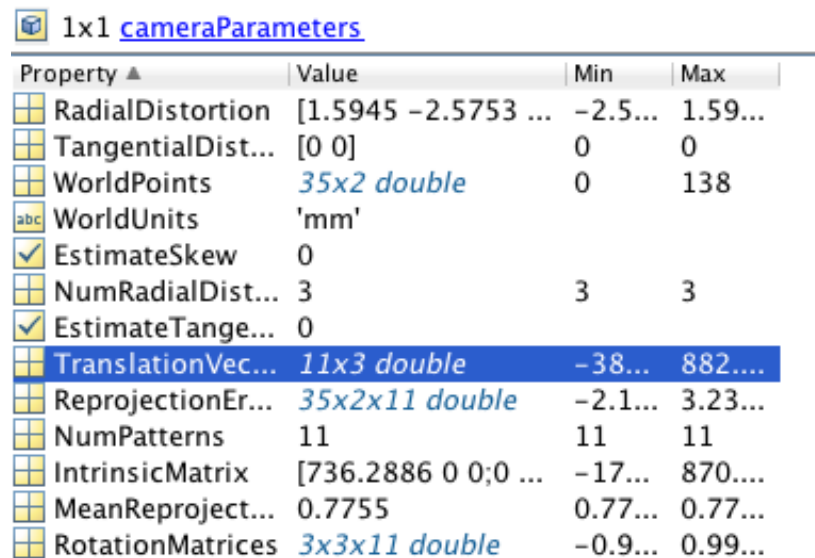
Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #27. Calibración – Parámetros de cámara

Elaborado por: Jairo Escobar



Property ▲	Value	Min	Max
RadialDistortion	[1.5945 -2.5753 ...	-2.5...	1.59...
TangentialDist...	[0 0]	0	0
WorldPoints	35x2 double	0	138
WorldUnits	'mm'		
EstimateSkew	0		
NumRadialDist...	3	3	3
EstimateTange...	0		
TranslationVec...	11x3 double	-38...	882....
ReprojectionEr...	35x2x11 double	-2.1...	3.23...
NumPatterns	11	11	11
IntrinsicMatrix	[736.2886 0 0;0 ...	-17...	870....
MeanReproject...	0.7755	0.77...	0.77...
RotationMatrices	3x3x11 double	-0.9...	0.99...

Y posteriormente poder generar el script Matlab, tanto los parámetros como el script son elementos necesarios en la aplicación del escáner 3D.

Figura #28. Calibración – Generación de Script Matlab

Elaborado por: Jairo Escobar

```
% Auto-generated by cameraCalibrator app on 26-Oct-2014
-----
Generate MATLAB Script
images to process
images = {'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.23.38.979/cam_21.png',...
'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.23.38.979/cam_22.png',...
'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.23.38.979/cam_26.png',...
'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.23.38.979/cam_37.png',...
'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.23.38.979/cam_38.png',...
'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.23.38.979/cam_39.png',...
'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.23.38.979/cam_40.png',...
'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.33.41.336/cam_07.png',...
'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.33.41.336/cam_24.png',...
'/Users/Jairo/Desktop/Calibrac/2014-oct-26_19.33.41.336/cam_26.png',...
};

% Detect checkerboards in images
[imagePoints, boardSize, imagesUsed] = detectCheckerboardPoints(imageFileNames);
imageFileNames = imageFileNames(imagesUsed);
```

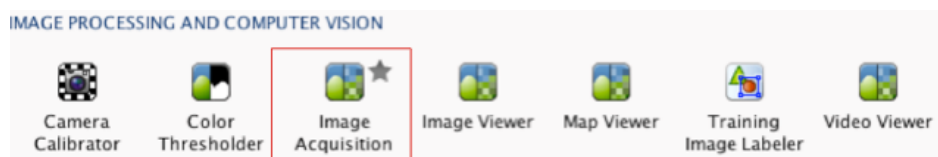
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

2.2.1.3 Capturar

Después de la calibración de la cámara, el paso más importante para el escaneo tridimensional es la captura, utilizando la aplicación de procesamiento de imagen y visión computarizada “Image Acquisition”

Figura #29. Captura – Caja de herramientas Matlab

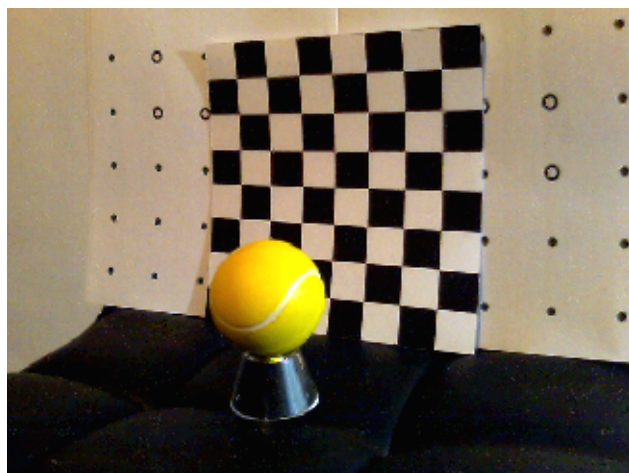
Elaborado por: Jairo Escobar



Esta aplicación permitió determinar la cantidad de capturas por milisegundo que se adquiere desde la cámara web.

Figura #30. Captura desde cámara web

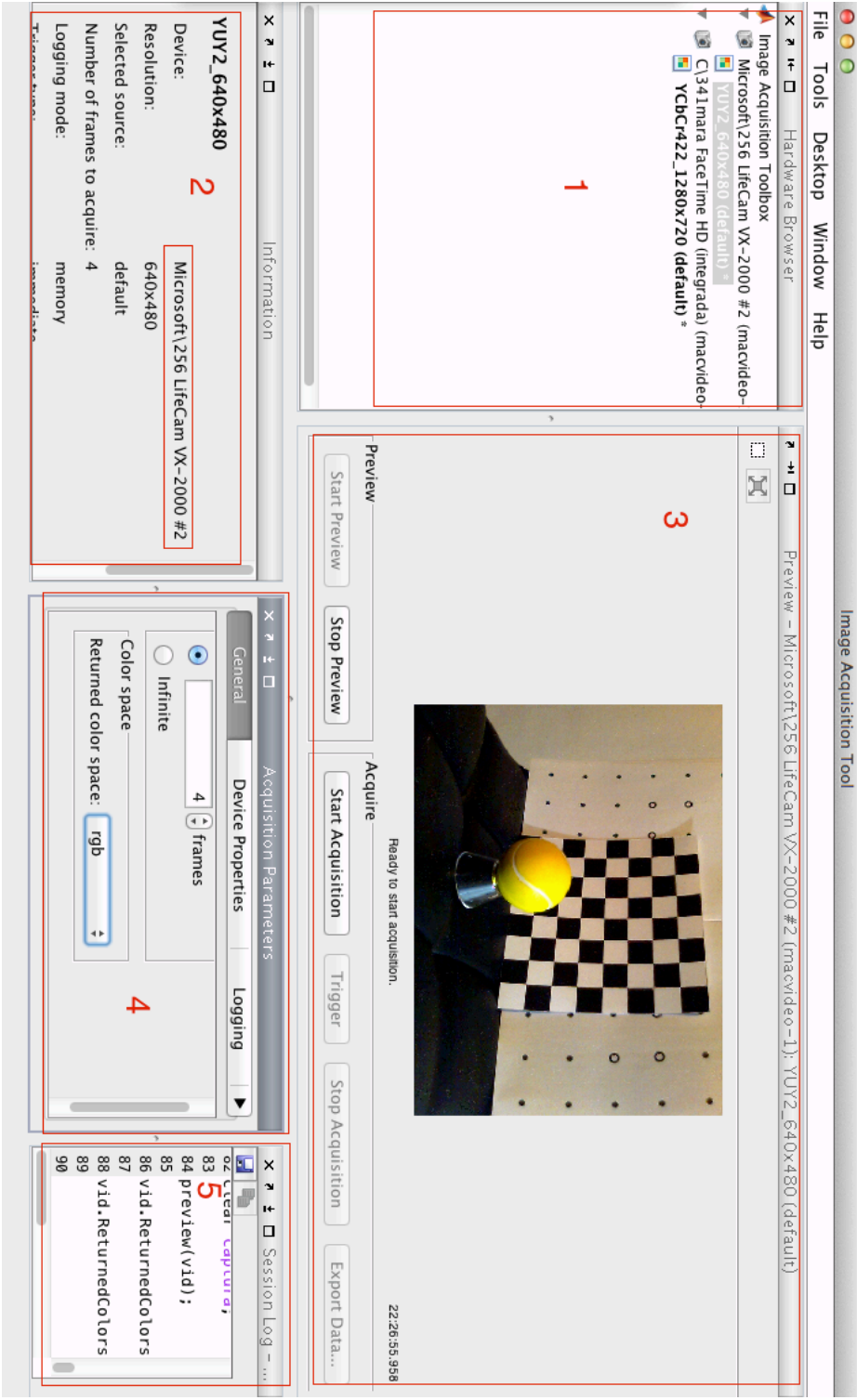
Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #31. Captura – Aplicación Matlab

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

En la figura anterior la aplicación de Matlab muestra cinco espacios de trabajo, en el primero (figura #31) es la detección de hardware con respecto a video que se posee en el computador, el segundo espacio de trabajo se encuentra la información detallada de cada tipo de hardware instalado, el tercer espacio de trabajo al momento de dar click en “Start Preview” se puede visualizar la captura en tiempo real de la cámara web, el cuarto espacio de trabajo determina cuantos frames o capturas se van a realizar, así como las propiedades del dispositivo conectado y el quinto espacio de trabajo se encuentran los logs generados por cada propiedad que se le da a la captura, en este espacio de trabajo es muy importante tomar en cuenta los scripts que se generan, ya que permitirá al software de escaneo la captura del objeto en el plano. Y al finalizar, luego de dar click a “Start Acquisition” se obtendrán los frames indicados en el cuarto espacio de trabajo.

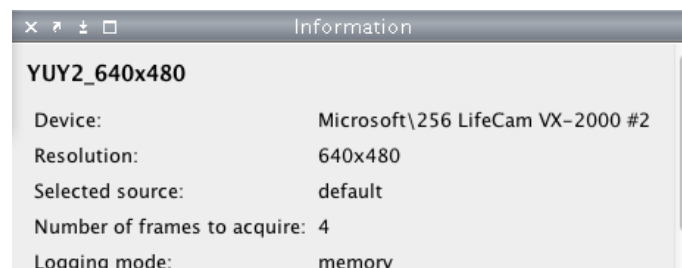
Figura #32. Captura – Detección de Hardware

Elaborado por: Jairo Escobar



Figura #33. Captura – Información de Hardware

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #34. Captura – Visualización

Elaborado por: Jairo Escobar

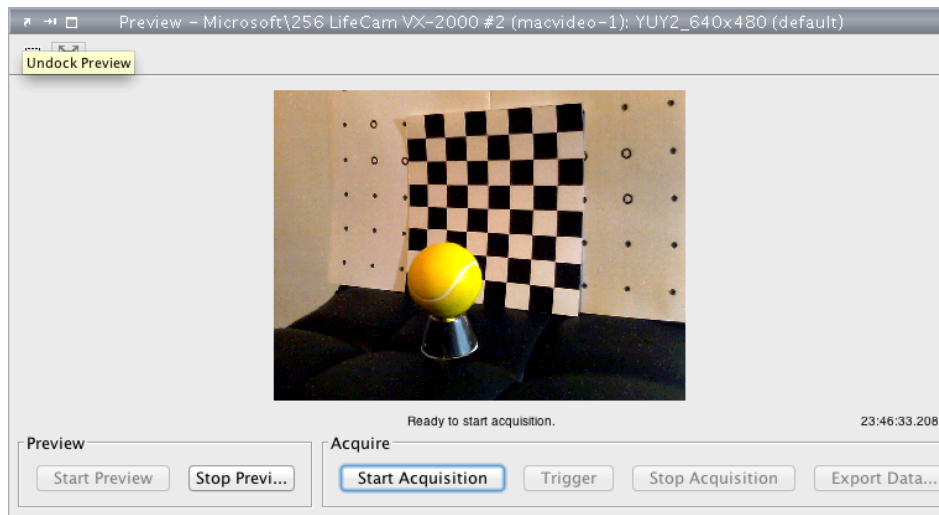
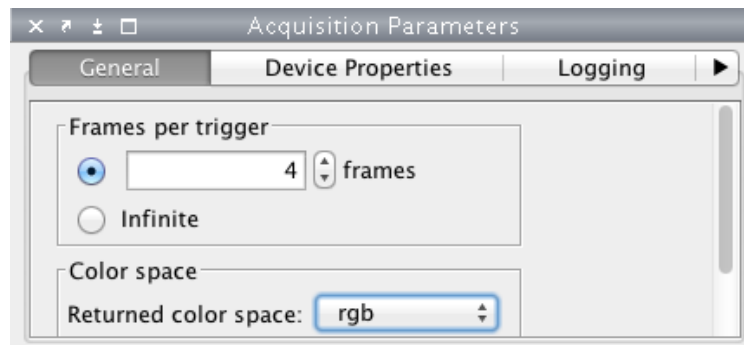


Figura #35. Captura – Propiedades

Elaborado por: Jairo Escobar



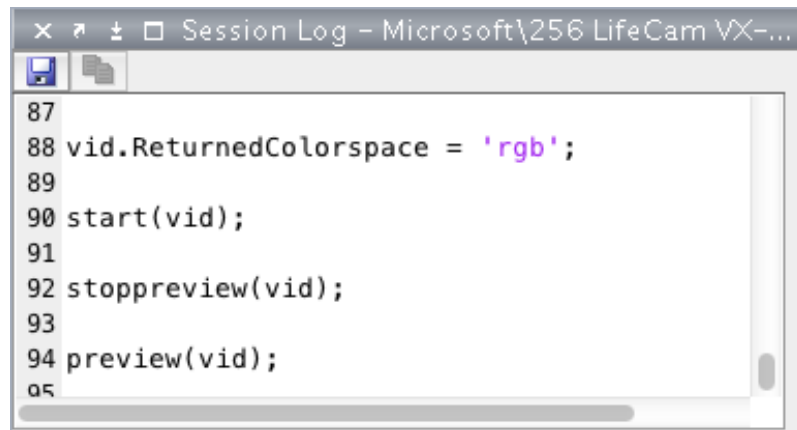
El cuadro de las propiedades determina cuantas capturas desde la cámara web se realizarán así como el tipo de imagen ya sea rgb, escala de grises o Y'CbCr²⁰.

²⁰ Y'CbCr: Tipo RGB con corrección Gama

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #36. Captura – Logs generados

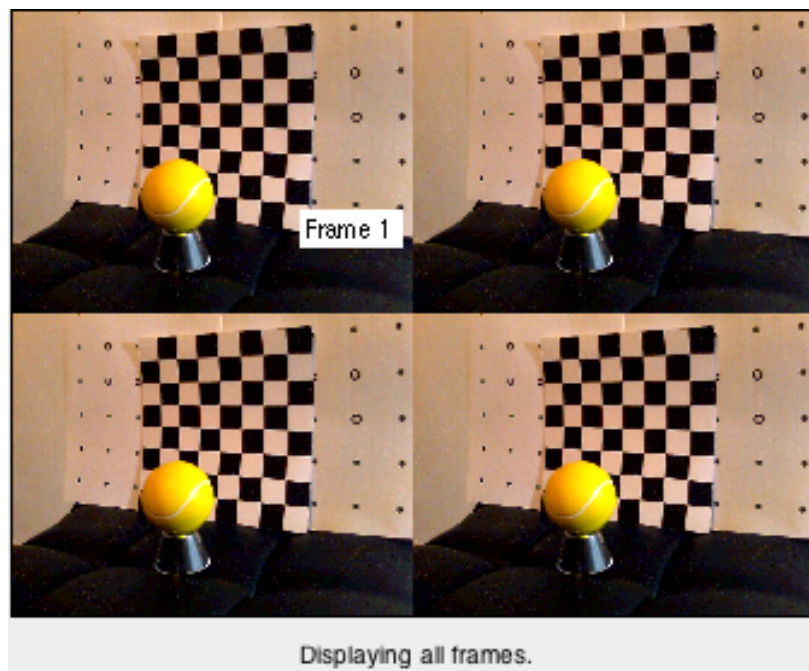
Elaborado por: Jairo Escobar

A screenshot of a Windows application window titled "Session Log - Microsoft\256 LifeCam VX-...". The window contains a text area with the following code:

```
87  
88 vid.ReturnedColorspace = 'rgb';  
89  
90 start(vid);  
91  
92 stoppreview(vid);  
93  
94 preview(vid);  
95
```

Figura #37. Captura – Resultado

Elaborado por: Jairo Escobar



Como se puede visualizar en la figura anterior, al momento de determinar los frames en el espacio de trabajo de propiedades, devuelve el mismo número de capturas desde la cámara web.

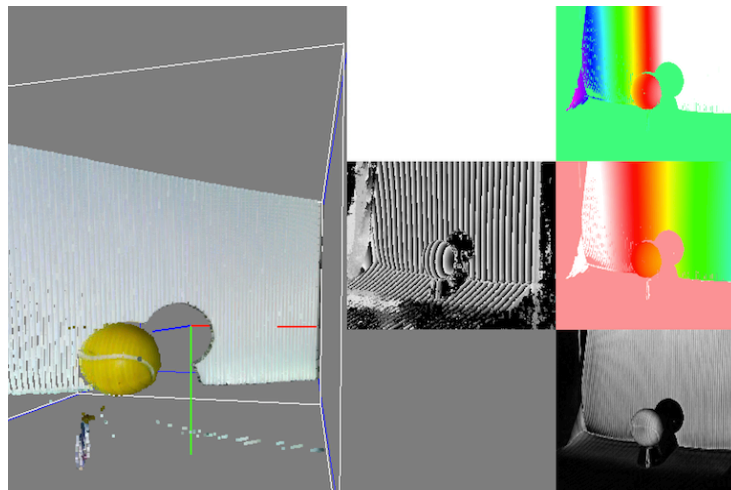
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

2.2.1.4 Decodificar

La decodificación de las imágenes captadas logran el enfoque de obtener el umbral de la imagen y con ellos lograr la construcción de bordes y contornos del objeto en el plano. La decodificación de las imágenes captadas son de gran valor en el escáner 3d, ya que prepara la imagen escaneada en mallas o puntos para poder ser construida digitalmente.

Figura #38. Decodificar – Resultado

Elaborado por: Jairo Escobar



2.2.1.5 Reconstruir

La reconstrucción de la imagen es la creación del archivo .ply que es un formato de archivo computarizado diseñado para almacenar datos tridimensionales. Existe dos versiones del formato .ply, RGB y el otro en binario o escala de grises. Este formato es compatible con una gran variedad de aplicaciones tridimensionales como Meshlab, Maya, 3d Max, etc. Y posee una variedad de propiedades que se pueden almacenar como el color, la transparencia, la superficie, coordenadas, textura, etc.

2.2 Diseño del escáner 3D

Para el diseño del escáner 3D se deben utilizar ciertos dispositivos físicos y elementos de programación como MatLAB, Qt, OpenCV& Processing para realizar el desarrollo del escáner 3D. Los dispositivos físicos para el diseño del escáner 3D son:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

- **Cámara web:** La cámara web es necesaria para la captura de imágenes de varios de los lados del objeto en el plano y transferirlas al ordenador, se podría utilizar cualquier tipo de cámara web o digital.

Figura #39. Cámara Web

Elaborado por: Jairo Escobar



- **Proyector:** El proyector es necesario para proyectar los patrones de luz estructurada para capturar el movimiento.

Figura #40. Proyector

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

- **Software:** Para el diseño del software del escáner 3D se utilizó herramientas propietarias y de código abierto las cuales son:
 - **C++** como lenguaje de programación para añadir las librerías de mecanismo 3D
 - **Qt** (Project, 2014) como framework o esquema de desarrollo para la creación de la interfaz
 - **OpenCV** (Itseez, 2014) al utilizar las funciones que posee para el reconocimiento de objetos y calibración de cámaras
 - **Xcode** como entorno de desarrollo integrado de Apple, el cual trabaja en conjunto con Interface Builder y permitió el desarrollo e integración de Qt y OpenCv
 - **MeshLab** (Sourceforge, 2014) como herramienta de limpieza de mallas 3D, incluyendo la eliminación de duplicados, apoyando la simplificación en la eliminación del ruido presente en superficies del elemento digital tridimensional.
 - **Matlab** (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010) para realizar los cálculos técnicos y científicos del escáner 3D ya que el procesamiento de imágenes es una extensión de su lenguaje de programación nativo.
 - **Simulink** (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2010) como ambiente de simulación de los módulos incorporados en MatLab, el cual permitió analizar en el escáner 3D el tiempo de los sistemas dinámicos complejos.

El software utiliza el tipo de escaneado de luz estructurada, que es la digitalización 3D con un proyector de video, además utilizará el proyector de video para proyectar una serie de patrones de rayas sobre el objeto mientras que la cámara observará desde otro punto de vista diferente que el proyector y tomará al menos una imagen de cada patrón de líneas.

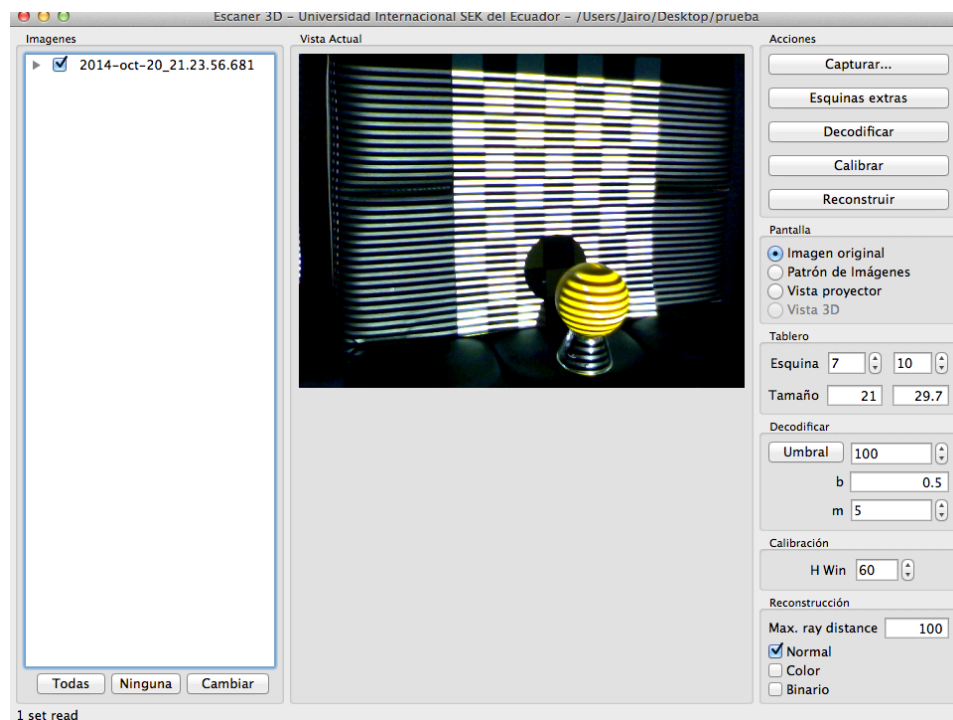
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Sobre la base de estas deformaciones de los patrones de franjas el software calculará una malla 3D de la superficie del objeto.

El diseño del escáner 3D es móvil, fácilmente es posible montar la cámara y el proyector con una distancia fija a un soporte. Una vez calibrado, este escáner móvil se puede mover y escanear en cualquier lugar, siempre y cuando permanezca la cámara y el proyector fijo, y su óptica se mantenga sin cambios.

Figura #41. Software Escáner 3D – Pantalla Principal

Elaborado por: Jairo Escobar



CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1 Desarrollo del escáner 3D

El software “Escáner 3D” está estructurado en 4 partes, utilizando los dos tipos de ficheros en C++ que son los ficheros de cabecera .hpp y ficheros fuentes .cpp , recursos e interfaces de usuario en Qt.

Para el desarrollo del software se utilizo el framework Qt y Xcode para integrar las funciones y módulos de OpenCv y Matlab en el lenguaje de programación C++.

3.1.1 Creación de un proyecto.

Es muy importante tener en cuenta que se necesita de conocimientos previos de programación en C++ para poder elaborar un proyecto y con la ayuda de Qt elaborar la interfaz adecuada para el software. Para la creación de un proyecto en Qt se deben seguir los siguientes pasos:

1. Abrir la aplicación Qt Creator
2. Seleccionar la pantalla de Bienvenida.
3. Seleccionar el botón de proyecto nuevo.
4. Seleccionar el tipo de proyecto, para el “Escáner 3D” se debe seleccionar otro proyecto y proyecto Qt vacío.
5. Seleccionar un nombre y en donde se va a ubicar el proyecto.
6. Seleccionar el Kit del dispositivo en el cual se ejecutará el Escáner 3D.

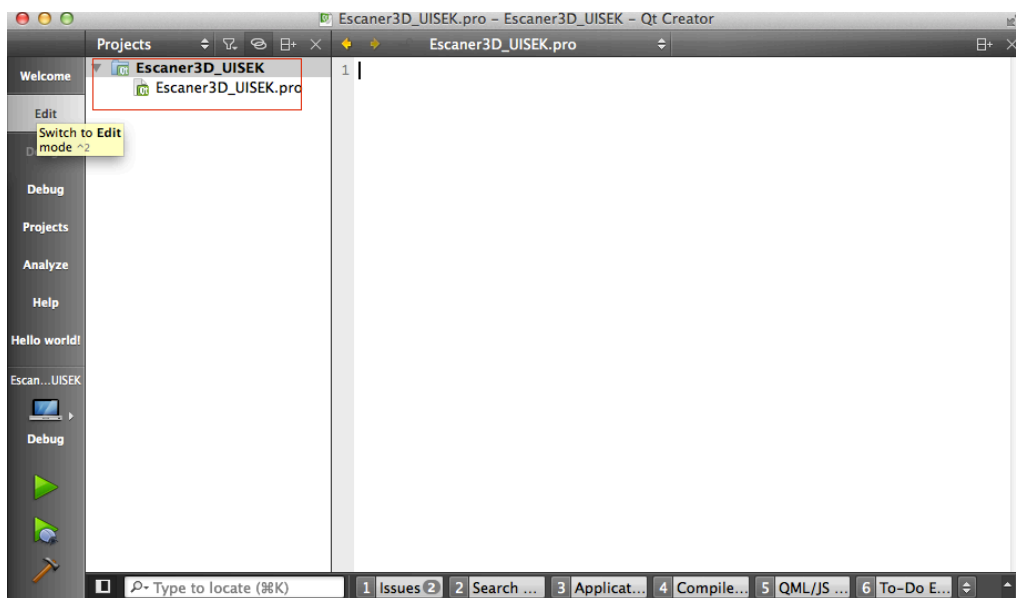
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

7. Observar el resumen del proyecto, en donde esta agregado el archivo y el nombre del proyecto **Escaner3D_UISEK.pro**

8. Observar primera pantalla del proyecto creado, en donde consta el archivo del proyecto **Escaner3D_UISEK.pro**.

Figura #42. Desarrollo – Pantalla Principal Proyecto Qt

Elaborado por: Jairo Escobar



Esta primera pantalla que se observará siempre durante la elaboración del proyecto, en la parte izquierda irán todos los archivos C++, UI y recursos que se necesitaron para la elaboración del software Escáner 3D y en la parte derecha el editor de código C++.

3.1.1.1 Añadir ventana principal.

El primer paso que se debe dar en todo proyecto Qt es el añadir la ventana principal de un software, este proyecto no es la excepción, los pasos que se deben seguir para añadir la ventana principal del **Escáner 3D** son:

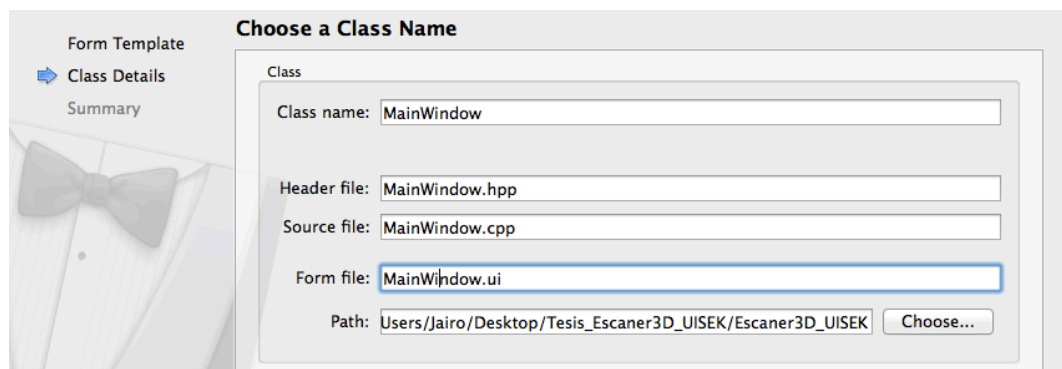
1. Ir a Archivo -> Nuevo archivo o proyecto.
2. Seleccionar en Archivo o clase **Qt** -> Seleccionar la clase de formulario Qt.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

3. Seleccionar MainWindow desde las plantillas de formularios
4. Seleccionar el nombre de la clase de la Ventana Principal

Figura #43. Desarrollo – Creación clase en Qt

Elaborado por: Jairo Escobar



Como se observa en la imagen anterior, cuando se añade un clase de tipo Qt, se añade automáticamente los archivos de cabecera, fuente y forma. Con los cuales para una mejor interpretación del código se los separa y se hace la referencia en la interfaz del archivo .ui.

Como la clase MainWindow será la responsable de tener todo el contenido del software y llamar a las diferentes clases que la componen, será la última clase es ser tomada en cuenta en este proyecto.

3.1.1.2 Estructuras de clases en Qt

En esta estructurase tendrá en cuenta los datos informativos del proyecto, la fecha de compilación del software y la versión instalada de Qt y OpenCv. Se crea una clase Qt llamada AboutDialog la cual, por ser una clase Qt está compuesta del encabezado, fuente y de la interfaz gráfica del tipo Dialogo.

En el tipo de encabezado .hpp lleva por default el botón cerrar, el cual permite salir de la ventana **Acerca de**, para lo que se tiene el tipo de acceso público el cual permitirá que el botón este activo.

En el tipo de archivo .cpp es muy importante incluir al encabezado y determinar la versión de Qt y OpenCv en una etiqueta.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Después de determinar el encabezado y la fuente de la clase, se realiza la interfaz gráfica utilizando la ventana de widgets el cual permite arrastrar y pegar en el objeto de la clase .ui las porciones de esta ventana.

Es importante tener en cuenta los nombres de las clases asignadas de cada porción en la programación, ya que para un mejor desarrollo se determina con el método camello y el nombre específico de la clase.

Luego de establecer los nombres de las clases, cada porción de los widgets arrastrados al espacio de trabajo, se le nombrarán con el tipo de nombre de la variable + _ + tipo del widget utilizado. Ejemplo: qt_version_label.

Figura #44. Desarrollo – Programación de clases en Qt

Elaborado por: Jairo Escobar

.hpp

```
void on_close_button_clicked(bool checked=false)
{ accept(); }
```

.cpp

```
#include "AboutDialog.hpp"
```

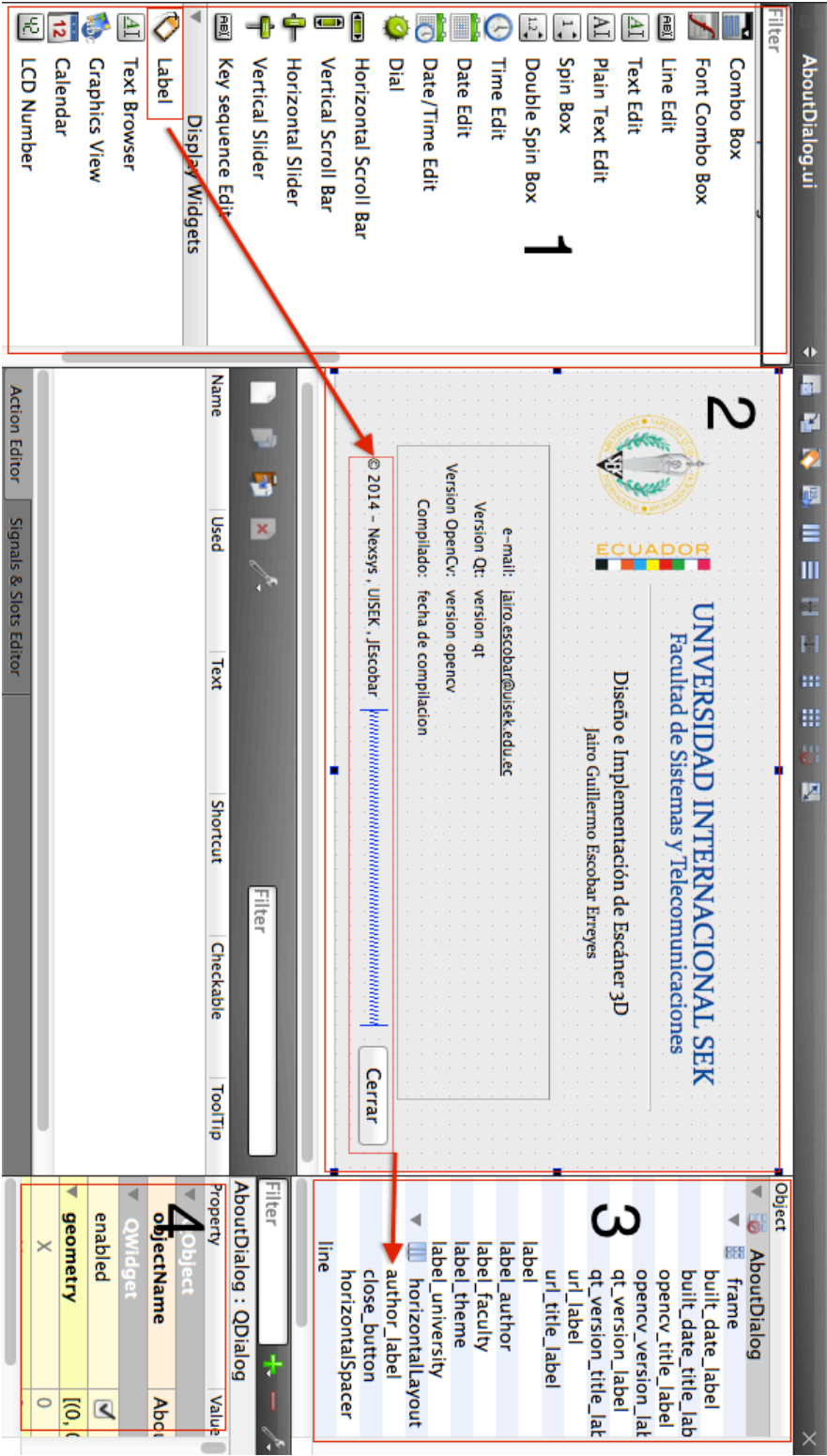
//Etiquetas con las versiones y fecha de compilación:

```
{
qt_version_label->setText(qVersion());
opencv_version_label->setText(CV_VERSION);
built_date_label->setText(QString("%1%2").arg(__DATE__, __TIME__));
}
```

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #45. Desarrollo – Uso de Interfaz gráfica

Elaborado por: Jairo Escobar

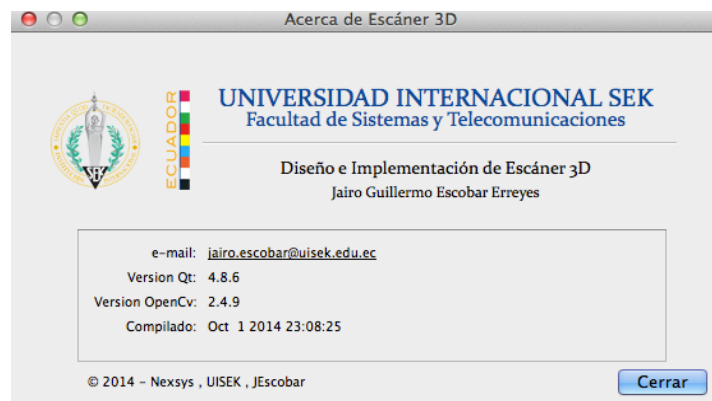


DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Lo que se observa en la imagen anterior en el espacio de trabajo #1 se encuentran los widgets disponibles que se pueden utilizar sobre el espacio de trabajo #2. El espacio de trabajo #3 se encuentra el nombre de los objetos de los widgets los cuales se pueden cambiar todas las propiedades de cada objeto como nombre, tamaño de letra, color, ubicación, etc. en el espacio de trabajo #4. Al terminar de diseñar la interfaz gráfica y por estar unido el archivo de cabecera y fuente a la interfaz gráfica, basta determinar en la fuente el tipo de objeto puesto en la interfaz gráfica y se añade automáticamente. Con ello se podrá ver la información contenida en la fuente.

Figura #46. Desarrollo – Resultado de la interfaz gráfica

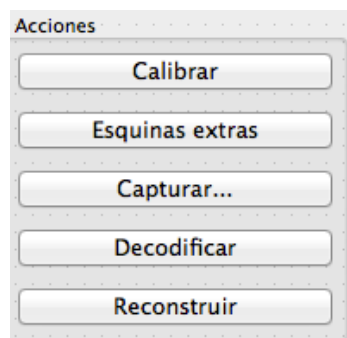
Elaborado por: Jairo Escobar



Luego de determinar en el levantamiento de información las 4 etapas de desarrollo, las acciones que se tomaron en cuenta para el escáner 3D son:

Figura #47. Desarrollo – Acciones

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Cada acción del escáner 3D depende del otro, por lo que no se puede reconstruir un objeto sin antes calibrar la cámara.

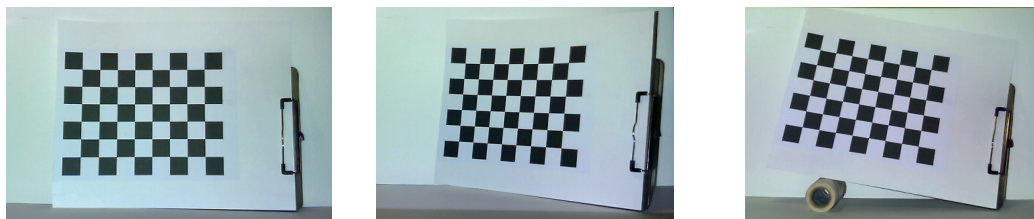
3.1.2 Calibrar

La calibración de la cámara es la más indispensable de todas las acciones, ya que sin ella no se puede continuar utilizando la aplicación. Para la calibración de la cámara se une el script generado en Matlab a la programación y luego de ser compilado se ejecuta en la aplicación.

Para la calibración de la cámara es necesario mínimo tres capturas del tablero de ajedrez en diferentes posiciones.

Figura #48. Desarrollo – Capturas para calibrar

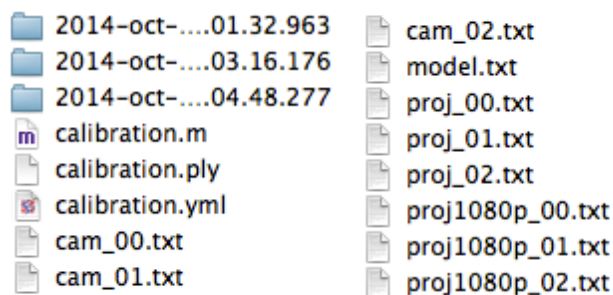
Elaborado por: Jairo Escobar



Una vez que se tiene las tres capturas, se procede a calibrar la imagen, dando click en la acción “Calibrar” teniendo como resultado los archivos de calibración ubicados en la carpeta de las capturas.

Figura #49. Desarrollo – Generación de archivos para calibrar

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #50. Desarrollo – Progreso de calibración

Elaborado por: Jairo Escobar

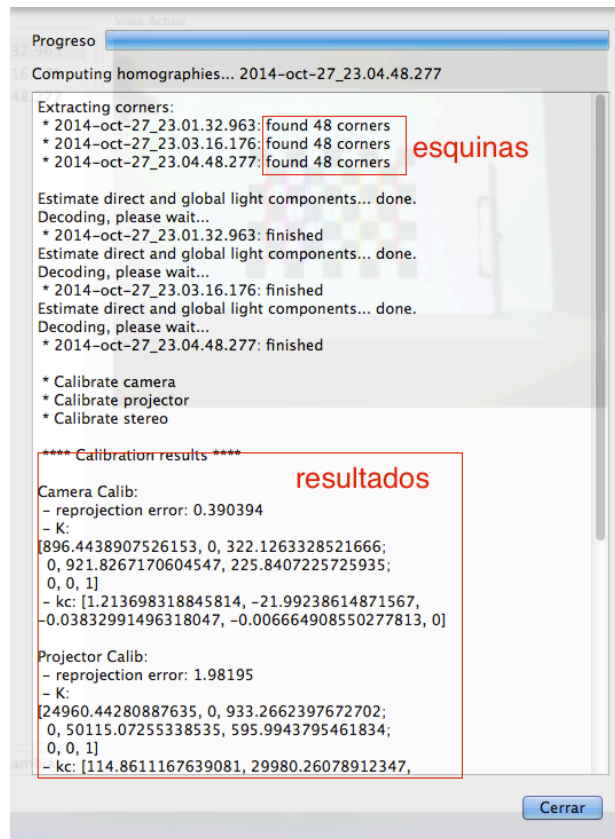
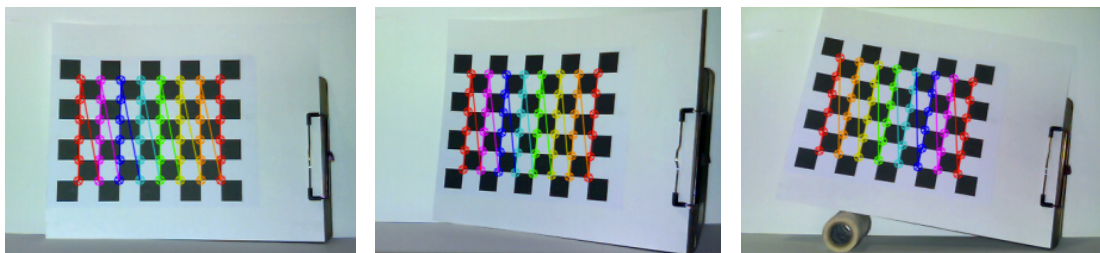


Figura #51. Desarrollo – Resultado de calibración

Elaborado por: Jairo Escobar



En la figura anterior se puede observar como el algoritmo de Harris detecta las esquinas del tablero de ajedrez en las 3 posiciones, ayudando a calibrar la cámara del escáner 3D.

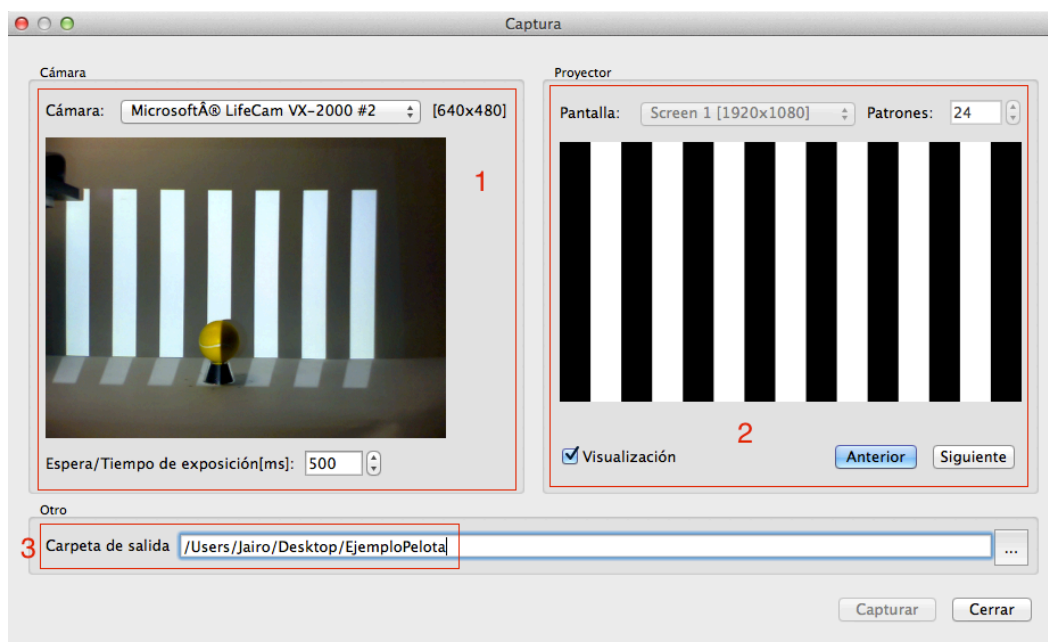
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

3.1.3 Captura

Para la captura de pantalla se da click en la acción Capturar, y se abre la siguiente pantalla.

Figura #52. Desarrollo – Captura

Elaborado por: Jairo Escobar



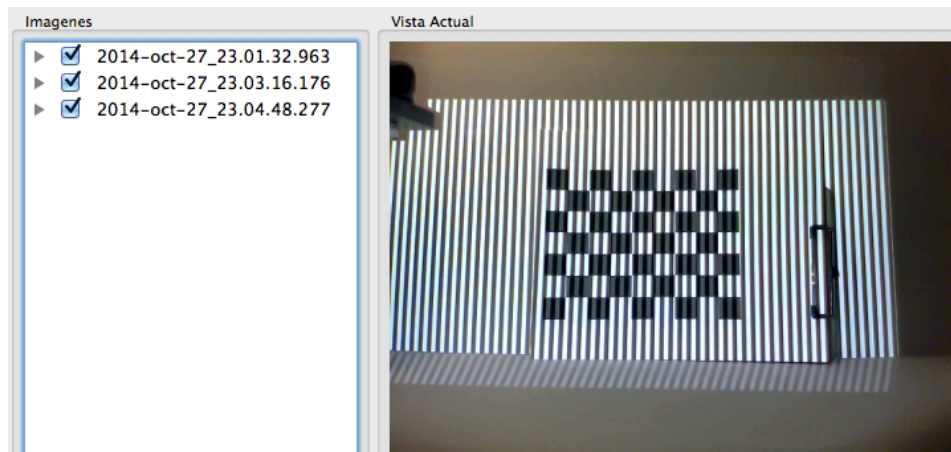
En la figura anterior se muestra en el espacio de trabajo #1 la captura en tiempo real de la cámara web, en el espacio de trabajo #2 muestra lo patrones a proyectar esto se logra utilizando los bloques de Simulink y Matlab. Y por último la carpeta de salida o ubicación de las imágenes capturadas.

Luego de que se terminan de capturar las imágenes, en el espacio de trabajo principal se muestra la ubicación de las imágenes capturadas y la visualización de ella.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #53. Desarrollo – Visualización de capturas

Elaborado por: Jairo Escobar



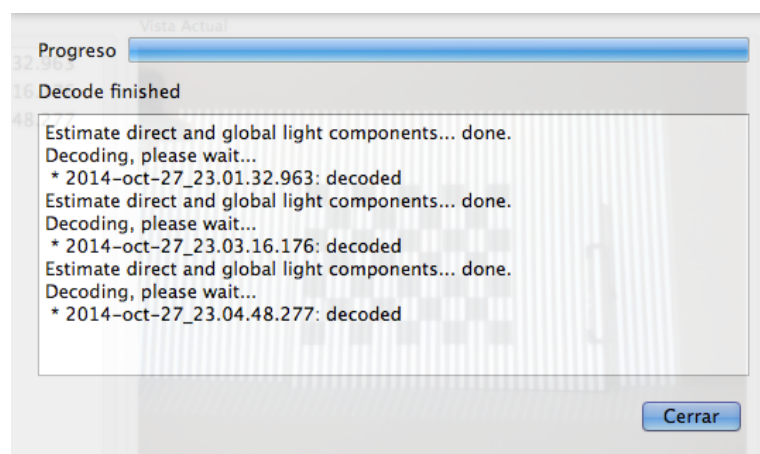
3.1.4 Decodificación

Luego de capturar el objeto en el plano, es necesario decodificar la imagen para que la construcción de los bordes y contornos del objeto se conviertan en puntos o mallas y se pueda obtener el umbral de la imagen capturada.

Para decodificar las imágenes capturadas se da click en la acción “Decodificar” y muestra la siguiente pantalla, con su respectivo umbral:

Figura #54. Desarrollo – Progreso de decodificación

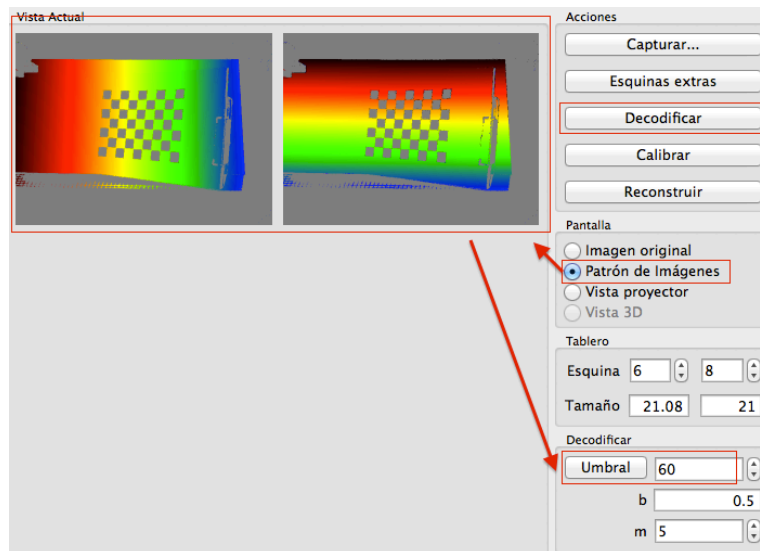
Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #55. Desarrollo – Umbral de decodificación

Elaborado por: Jairo Escobar



3.1.5 Reconstrucción

El último paso de la aplicación 3D es la reconstrucción, después de haber decodificado las imágenes capturadas está listo para ser generada la vista 3D, es por ello que en el panel de acciones, se da click en “Reconstruir” y se genera el archivo tridimensional.

Figura #56. Desarrollo – Generación de reconstrucción

Elaborado por: Jairo Escobar

Pointcloud saved: /Users/Jairo/Desktop/PruebaPelota/PruebaPelota.ply

3.2 Implementación

3.2.1 Implementación del software

Para la implementación del sistema se contó con equipos de Nexsys en los que se configuro los equipos con el archivo de instalación del software y la conexión de los periféricos. Al ser un software ejecutable, Nexsys realizó las pruebas en el FrontEnd del

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

sistema. El software está diseñado para ser multiplataforma, para un adecuado uso del sistema se debe contar con los siguientes requerimientos mínimos en cada plataforma:

- **Microsoft Windows**

- Microsoft Windows 7 o superior
- Procesador de 32 bits (x86) o 64 bits (x64) a 1 gigahercio (GHz) o más.
- Memoria RAM de 2 GB (64 bits).
- Espacio disponible en disco de 20 GB (64 bits).
- Dispositivo gráfico DirectX 9 con controlador WDDM 1.0 o superior.
- Cámara web VGA (640x480), recomendado 1Mp o superior
- Lector de CD-ROM, puertos USB y VGA o HDMI
- Proyector tecnología LCD
- Drives instalados
- CD de instalación

- **GNU/Linux**

- SO Ubuntu 11 o superior
- Procesador x86 a 1 GHz.
- Memoria RAM de 1 GB.
- Disco Duro de 20 GB.
- Tarjeta gráfica y monitor capaz de soportar una resolución de 800×600.
- Lector de CD-ROM, puertos USB y VGA o HDMI
- Proyector tecnología LCD

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

- Drives instalados
- CD de instalación
- **Mac OS X**
 - OS X v10.6.8 o OS X Lion o superior
 - 2 GB o más de memoria RAM
 - Disco Duro de 20 GB.
 - Lector de CD-ROM, puertos USB y VGA o HDMI
 - Proyector tecnología LCD
 - Drivers instalados
 - CD de instalación

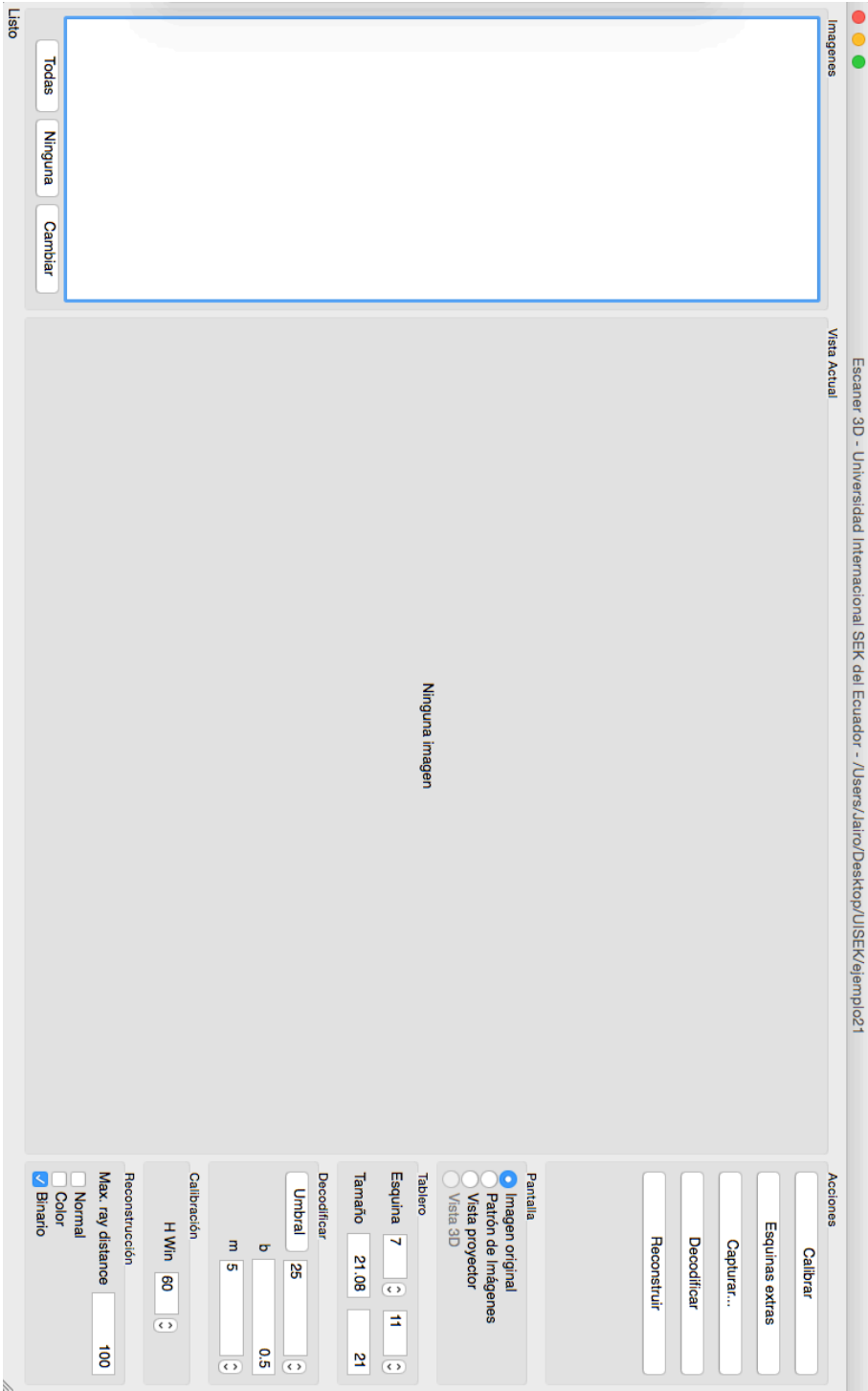
3.2.2 Pruebas del Software

Las pruebas se realizaron dos veces en el transcurso del desarrollo del software. La primera después de cada fase del proyecto para poder corregir los errores y determinar las validaciones de los errores, y la segunda antes de implementar el software de escaneo tridimensional. Es necesario tener en cuenta que el software de Escáner 3D, es multiplataforma, por lo que se puede utilizar en Windows, Debian y OS X. Los tres casos de prueba se realizaron utilizando la aplicación en las diferentes plataformas.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #57. Pruebas – Interfaz del Escáner 3D

Elaborado por: Jairo Escobar



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Luego de abrir la aplicación se puede visualizar la interfaz gráfica de la aplicación del Escáner 3D de la Figura #57.

El primer paso que se realizó es la calibración, pues hay que tener en cuenta que la calibración de la cámara y el proyector se realiza una sola vez, siempre y cuando no se muevan los dispositivos. Para ello lo primero que se debe tener es el patrón impreso del tablero de ajedrez ubicado en la carpeta de instalación llamado Chessboard.pdf, luego de tener el tablero impreso se ubicó el puntero del mouse sobre el panel de acciones en la parte superior derecha, y se da click en calibrar.

Figura #58. Pruebas – Acción Calibrar

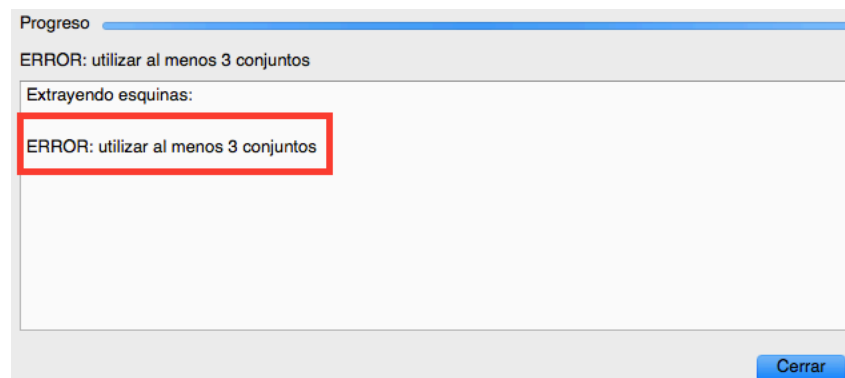
Elaborado por: Jairo Escobar



Es necesario recordar que se debe tener mínimo tres conjuntos de captura para poder calibrar el escáner, si no se recuerda, aparecerá el mensaje de error indicando “ERROR: utilizar al menos 3 conjuntos”

Figura #59. Pruebas – Mensaje de error de calibración.

Elaborado por: Jairo Escobar

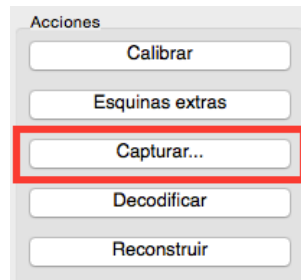


DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Para obtener los tres conjuntos de capturas, se ubicó el puntero del mouse sobre la acción de capturar.

Figura #60. Pruebas – Mensaje de error de calibración.

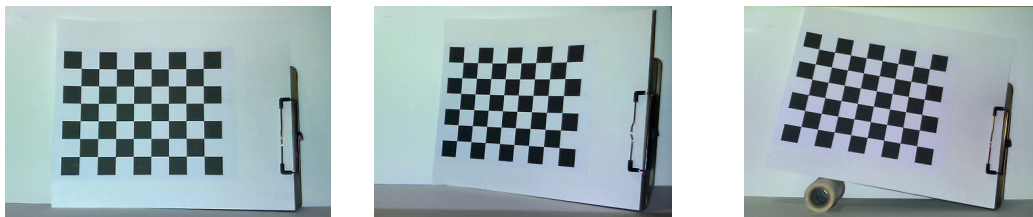
Elaborado por: Jairo Escobar



Se debe recordar que es necesario mínimo tres capturas del tablero en posiciones diferentes indicados en la sección 3.1.4.1. Por lo que se posicionó el tablero de ajedrez en tres enfoques diferentes.

Figura #61. Pruebas – Posición del tablero

Elaborado por: Jairo Escobar

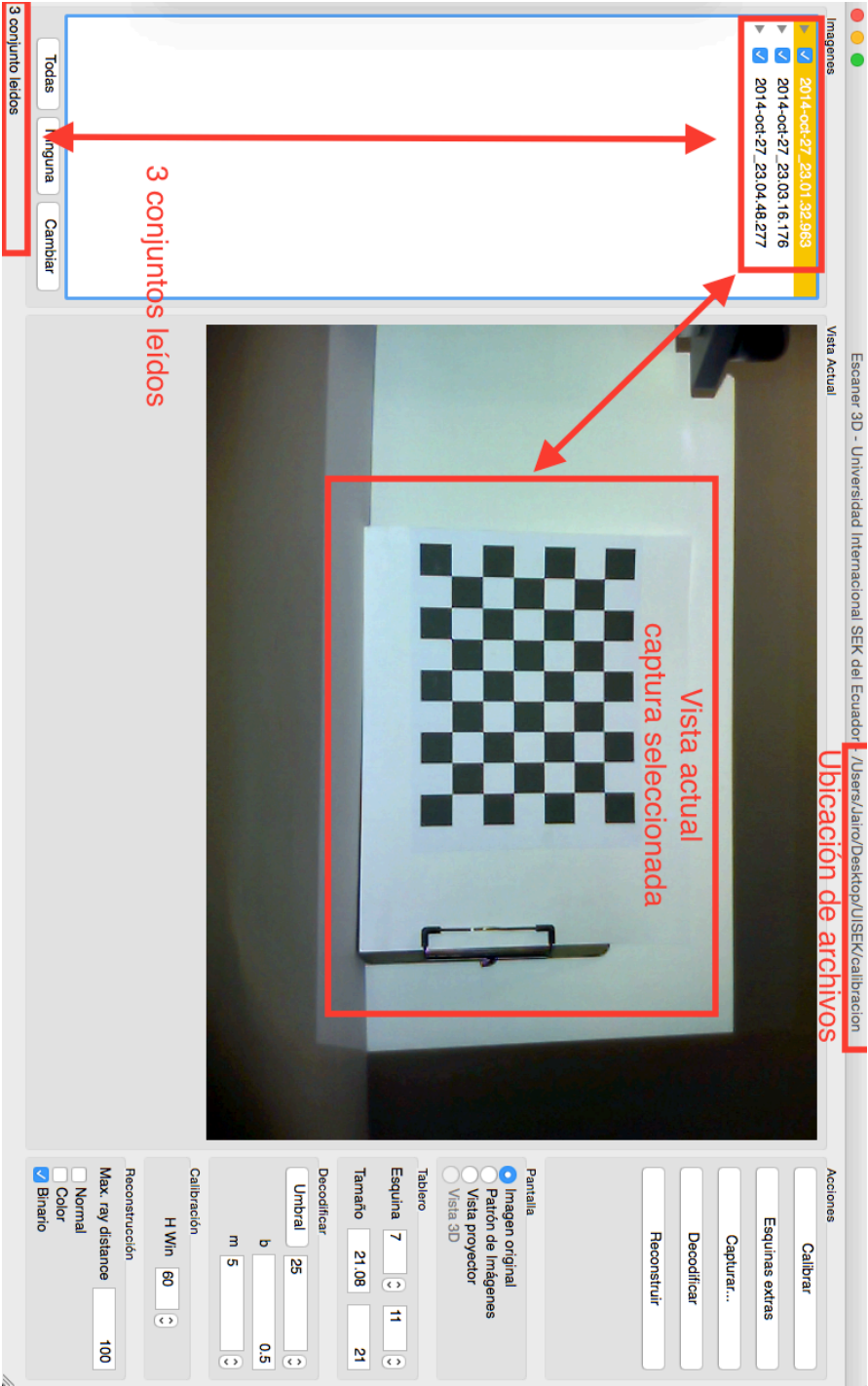


Luego de posicionar el tablero en el plano, se capturó las imágenes con la acción “Capturar” y se verificó en el inicio de la aplicación los conjuntos leídos por el sistema.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #62. Pruebas – Interfaz capturas de calibración

Elaborado por: Jairo Escobar

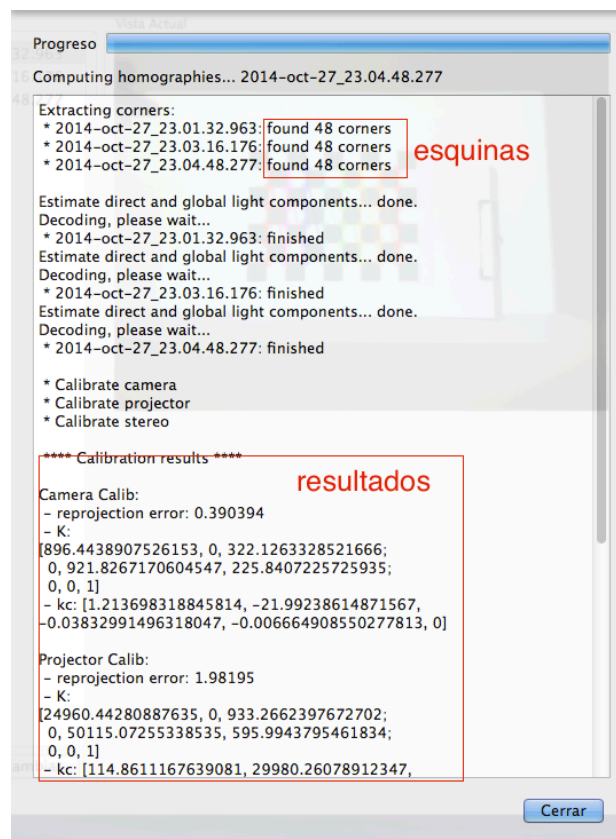


DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Se posicionó el mouse sobre la acción Calibrar para que la aplicación identifique las esquinas del tablero, dando como resultado 48 esquinas encontradas y la matriz de calibración.

Figura #63. Pruebas – Progreso de calibración

Elaborado por: Jairo Escobar

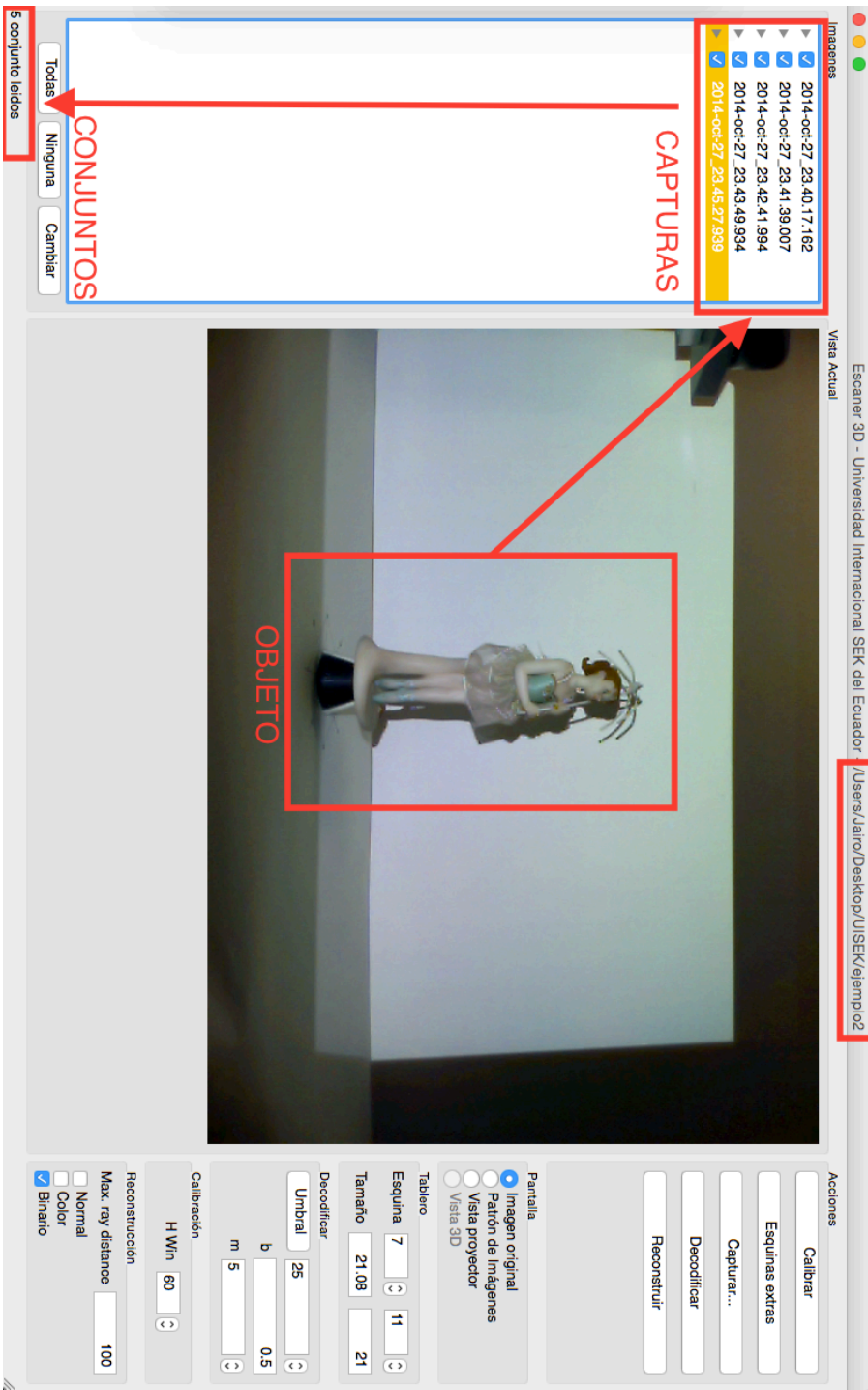


Una vez calibrado el escáner 3D se procedió a capturar una figura colocada en el plano y obtener 5 conjuntos de capturas del objeto. Es importante recordar que como indica la sección 3.3.5, el escáner al momento de la captura envía diferentes patrones los cuales hacen posible la decodificación del objeto.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Figura #64. Pruebas – Captura objeto

Elaborado por: Jairo Escobar

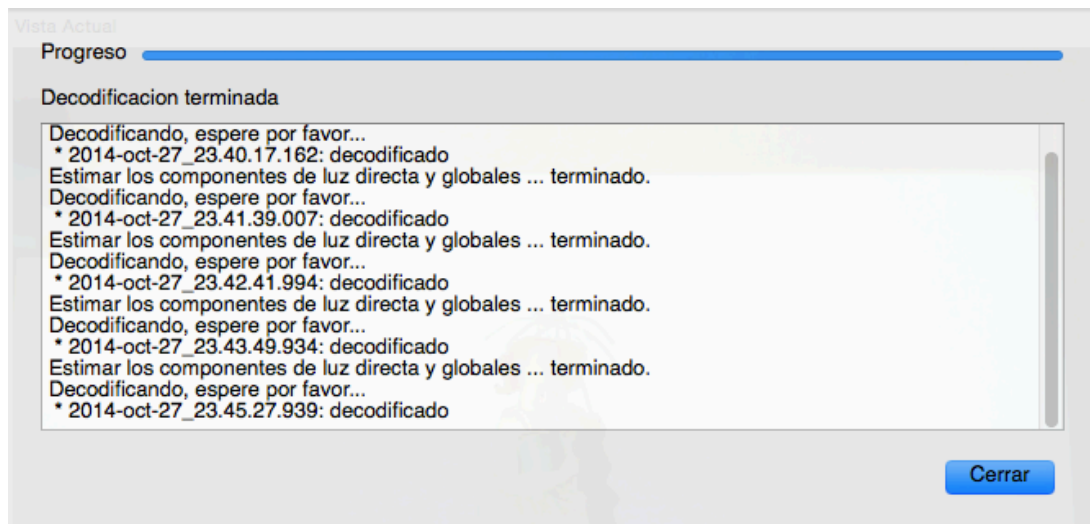


DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Obtenidas las capturas del objeto, se posicionó el mouse sobre la acción decodificar.

Figura #65. Pruebas – Decodificar

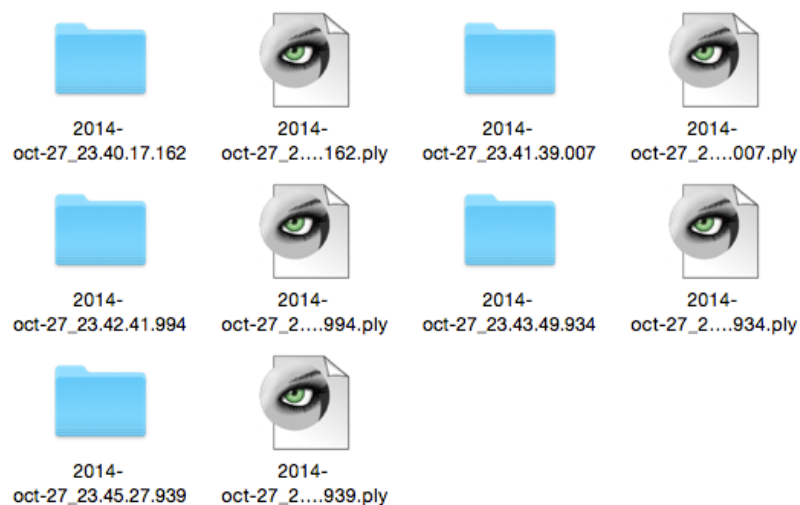
Elaborado por: Jairo Escobar



Una vez terminado el proceso de decodificación, se ubicó el puntero del mouse sobre la acción reconstruir para obtener el archivo ply indicado en la sección 3.3.7 en la **figura #48**.

Figura #66. Pruebas – Archivos reconstruidos

Elaborado por: Jairo Escobar

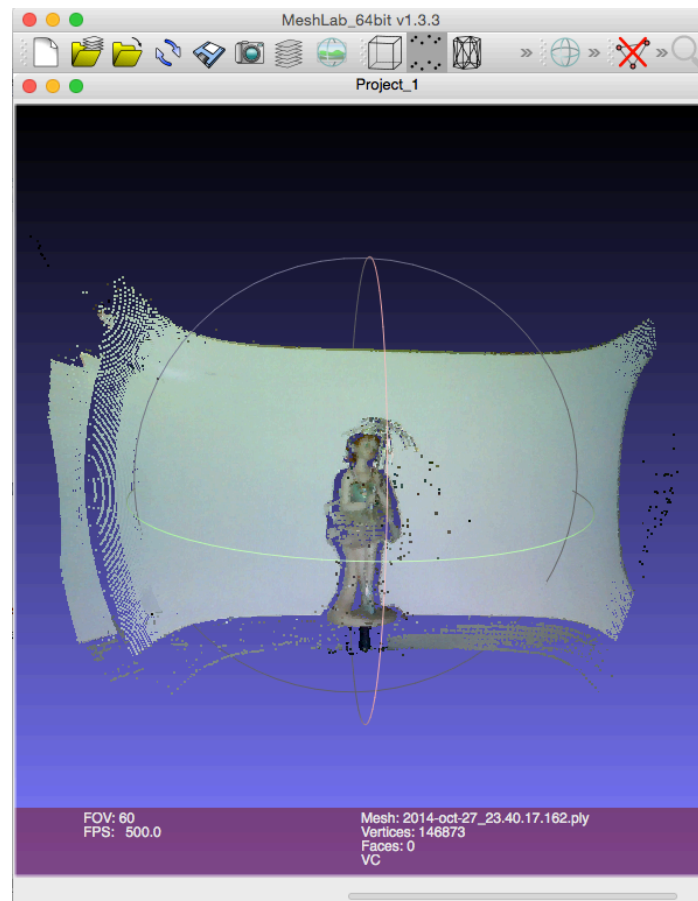


DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

En este punto el objeto se encuentra reconstruido, por lo que se utilizó el software Meshlab, el cual se encargará de unir todas las piezas .

Figura #67. Pruebas – Primera vista del objeto en Meshlab

Elaborado por: Jairo Escobar



3.2.3 Capacitación

La capacitación se realizó en la empresa Nexsys, reuniendo al personal de desarrollo de software para la explicación del funcionamiento del sistema, funcionalidades, acciones a realizar en el software. La capacitación se dividió en dos sesiones de 4 horas cada una, en la primera se explicó el funcionamiento, la instalación y configuración del sistema, y en la segunda sesión se realizaron pruebas y funcionalidades. Para observar el certificado de capacitación véase **ANEXO C**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

3.2.4 Explotación, aprobación y beneficios

Tras la implementación y capacitación en el software de escaneo tridimensional, los diseñadores tienen la posibilidad de crear productos multimedia con objetos 3D y utilizarlos en la industria del entretenimiento, a su vez ahorrar tiempo en la entrega del producto final. Nexsys busca la viabilidad de esta tecnología al convertirse en uno de los pioneros en el Ecuador. Véase el **ANEXO D**, certificado de aprobación y puesta en producción.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

4.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los requerimientos solicitados por Nexsys y el planteamiento del problema; el diseño e implementación del escáner 3D se cumplió satisfactoriamente para el desarrollo de aplicaciones 3D, que permitirá al diseñador multimedia optimizar el tiempo de entrega del producto multimedia.
- Al investigar la funcionalidad de los escáneres 3D se optó por utilizar el escáner de luz estructurada por ser el más fiable al momento de la digitalización tridimensional.
- La utilización de módulos y paquetes de Matlab y el framework Qt permitieron la elaboración del código ordenado, así como la utilización de Xcode y Simulink para la optimización en el tiempo de programación y compilación para la detección de errores. Gracias a la distribución generada automáticamente por el framework.
- Al incorporar los estándares de programación sugeridos para la interfaz y programación por el framework Qt y agregar las validaciones en cada acción del escáner 3D; se pudo garantizar la viabilidad de la aplicación al momento de compilarlo.
- Al identificar la razón por que la tecnología 3D no está vinculada con industria tecnológica en el Ecuador, se concluyó que el precio y la baja disponibilidad de este tipo de herramientas tridimensionales son factores que influyen en la adquisición de ellas.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

- Se logró una interfaz limpia y amigable para el usuario, con la correcta aplicación de OpenCv como herramienta de código abierto y el framework Qt, las cuales beneficiaron en el despliegue dinámico multiplataforma del escáner 3D.
- La utilización de nuevas tecnologías como la del escáner 3D es una fuente importante de competitividad entre diseñadores multimedia en la industria del entretenimiento, por generar objetos tridimensionales en menor tiempo y adaptando a la necesidad del usuario final, ayudando a la captación de clientes e impulsar ventas en el mercado multimedia.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para el correcto uso del escáner 3D es necesario tener conocimientos básicos sobre el hardware y software implementado cumpliendo con los requerimientos mínimos propuestos por el autor.
- Se recomienda utilizar el escáner 3D en lugares oscuros y que no generen demasiado calor, pues los proyectores crean mucho calor en la superficie y se tendrá que cambiar de lugar. Esto a la larga crea inconvenientes de pérdida de tiempo, ya que se deberá calibrar el escáner en el nuevo lugar propuesto
- Se recomienda utilizar objetos con colores mate, más no brillantes o transparentes ya que por el efecto de la luz estructurada puede causar la generación de puntos innecesarios.
- Para proporcionar un escaneo tridimensional satisfactorio, se debe tomar verificar las conexiones de los periféricos conectados al computador y a la toma de corriente, pues un falso contacto puede apagar momentáneamente el proyector y generar pérdidas en el escaneo. No use extensiones de baja calidad.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

- Si el suministro eléctrico no es el recomendado y no es fiable para el proyector (voltaje o apagones), es recomendable utilizar un regulador de voltaje.
- Si el objeto a escanear es una persona se recomienda evitar mirar directamente a la salida del proyector y es aconsejable cerrar los ojos, ya que depende del tipo de proyector la luminosidad puede lastimar la retina del ojo.
- Se debe tener suficiente espacio en disco para la captura de las imágenes ya que cada conjunto de imágenes puede llegar a pesar aproximadamente 20Mb.
- Sobre la base del diseño de este sistema se recomienda analizar la factibilidad de crear un producto complementario que realice animación 3D utilizando los objetos creados por el software.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

MATERIALES DE REFERENCIA

- Allauca, K. (06 de 09 de 2014). *Diseño en Ecuador, haremos historia*. Recuperado el 17 de 09 de 2014, de El diseño multimedia en la sociedad ecuatoriana:
<http://www.haremoshistoria.net/noticias/-el-diseno-multimedia-en-la-sociedad-ecuatoriana>
- Belloch, C. (2013). *Aplicaciones multimedia interactivas*. Unidad de Tecnología Educativa (UTE). Universidad de Valencia. Valencia: Unidad de Tecnología Educativa (UTE).
- Biggs, J. (4 de Abril de 2014). *Gadgets*. Recuperado el 24 de Julio de 2014, de TechCrunch:
<http://techcrunch.com/2013/04/04/photon-3d-scanner-will-let-you-turn-real-objects-into-printable-objects/>
- Bottino, A., & Laurentini, A. (2006). Retrieval of shape from silhouette. En A. Bottino, & A. Laurentini, *Advances in Imaging and Electro Physics* (Vol. 139, págs. 1-73). Elsevier.
- Bouguet, J.-Y. (2 de 12 de 2013). *Camera Calibration Toolbox for Matlab*. Recuperado el 5 de 10 de 2014, de http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/
- Carril, P. C. (2009). *El diseño de materiales de aprendizaje multimedia y las nuevas competencias del docente en contextos teleformativos*. Madrid: Bubok.
- Cuevas, E., Zaldivar, D., & Perez, M. (2010). *Procesamiento digital de imágenes con MATLAB y Simulink*. Madrid: RA-MA.
- Custodia Manjavacas Zarco, P. L. (2014). *Montaje y mantenimiento de equipos*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Gale Lynn Glynn, C. R. (2007). *Fotografía: Manual Básico de Blanco y Negro*. Mexico: UNAM.
- García, J. J. (2007). *Graficar Con Autocad*. ITM.
- Harley, R., & Zisserman, A. (2004). *Multiple View Geometry in Computer Vision* (2 Edición ed.). Cambridge University Press.
- Heijden, F., Korsten, M., & Otthius, W. (2004). *Measurement Science For Engineers*. Kogan Page Science.
- Hewitt, J. (19 de Abril de 2014). *ExtremeTech*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2014, de DIY CT scanner built for price of one commercial CT scan:
<http://www.extremetech.com/extreme/180694-diy-ct-scanner-built-for-price-of-one-commercial-ct-scan>

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

- Itseez. (01 de 01 de 2014). *OpenCV*. Recuperado el 01 de 03 de 2014, de OpenCV: opencv.org
- Javier Gómez Lahoz, A. B. (2010). *Reconstrucción 3D y realidad virtual en criminología*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Kepler, J. (2001). *El sueño o La astronomía de la luna*. (F. Socas, Ed., & F. Socas, Trad.) Sevilla: ilustrada.
- Kilpela, A., Pennala, R., & Kostamovaara, J. (2007). *Precise pulsed time- of-flight laser range finder for industrial distance measurements*. Review of Scientific Instruments.
- Lee, K., Je, C., & Lee, S. (2007). Color-stripe structured light robust to surface color and discontinuity.
- Moreno, D., & Taubin, G. (2009). Simple, Accurate, and Robust Projector-Camera Calibration. *Supplementary material*, 1-5.
- Park, J. S., Jang, W. J., Lee, S. B., & Park, C. (2008). *Acquisition model for 3d shape measurement data*.
- Porta, G. d. (1558). *Magia Naturalis*.
- Project, Q. (01 de 01 de 2014). *Development Topics*. Recuperado el 07 de 02 de 2014, de Qt Project: qt-project.org
- Ratner, P. (2005). *Animacion 3D*. (G. Anaya, Ed.) Madrid: Ediciones Anaya Multimedia.
- Rauch-Hindin, W. B. (1989). *Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial, la ciencia y la industria*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Senplades. (2009). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito.
- Sosa, P. A. (2012). *Desarrollo del proyecto de Investigación de fin de Carrera*. Quito: UISEK.
- Sourceforge. (02 de 04 de 2014). *Meshlab*. Recuperado el 21 de 06 de 2014, de Meshlab: <http://meshlab.sourceforge.net>
- Superintendencia de Compañías. (2010). *Anuario Estadístico Societario NEC*.
- Universidad de Cornell. (2000). *Infraestructura tecnica: Creacion de Imagenes*.
- Universidad de Cornell. (2000). *Moving Theory into Practice Digital Imaging Tutorial*. Departamento de Investigación.
- Watt, A. (2000). *3d Computer Graphics* (Tercera Edición ed.). Addison Wesley.
- Wittmer, J. (2003). *Studio Factory 3D STUDIO MAX v.4*. Barcelona: Ediciones ENI.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

ANEXOS

Anexo A- Certificaciones



Transcript for Jairo Guillermo Escobar code: 0302014011Z3ry0AJw4X0sUeV0fx1b
This code expires: 12/3/2014

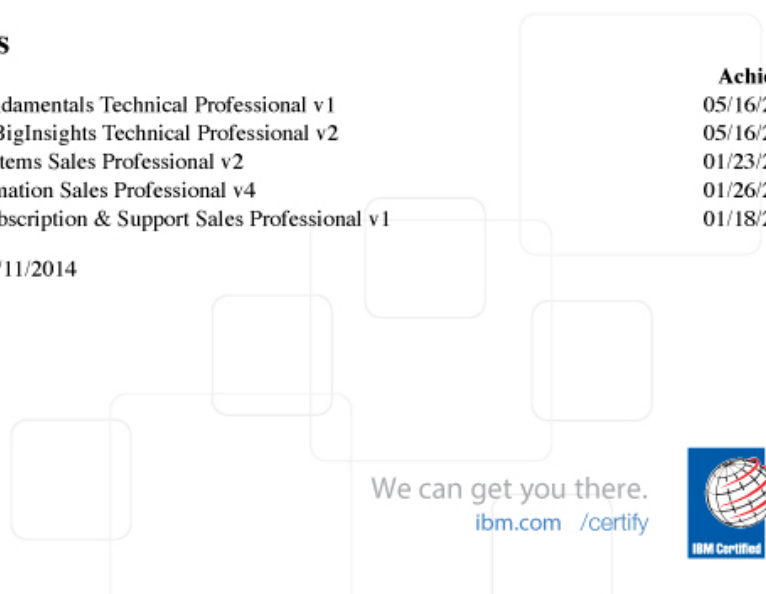
IBM Professional Certifications

Description	Achieved
IBM Certified Specialist - InfoSphere Guardium	05/28/2014
IBM Certified Deployment Professional - Security Access Manager for Web V7.0	05/27/2014
IBM Certified Deployment Professional - Security QRadar SIEM V7.1	05/22/2014
IBM Certified Deployment Professional - Tivoli Storage Productivity Center V5.1	03/05/2014
IBM Certified Associate - Tivoli Storage Manager V6.3	12/13/2012
IBM Certified Deployment Professional - Tivoli Endpoint Manager V8.2	11/01/2012

Other Skills

Description	Achieved
IBM BigData Fundamentals Technical Professional v1	05/16/2014
IBM InfoSphere BigInsights Technical Professional v2	05/16/2014
IBM Security Systems Sales Professional v2	01/23/2014
IBM Tivoli Automation Sales Professional v4	01/26/2012
IBM Software Subscription & Support Sales Professional v1	01/18/2012

Generated On: 03/11/2014



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Anexo B - Carta de Auspicio



Quito, 22 de septiembre de 2014

Señor Ingeniero
Jhonny Barrera
Decano - Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones
Universidad Internacional SEK del Ecuador
Presente.-

De nuestra consideración:

Por la presente, yo Juan Carlos Tipan Riofrio en mi calidad de Brand Specialist de Software IBM en la empresa Nexsys Latinoamérica, me comprometo a que nuestra empresa otorgue el auspicio al señor Jairo Guillermo Escobar Erreyes, para que realice el proyecto del "Diseño e Implementación de un Escáner 3D para el desarrollo de aplicaciones multimedia para la Industria del entretenimiento" a ser desarrollado para nuestra empresa, bajo las siguientes condiciones:

Nuestra empresa se compromete, de ser el caso, a entregar el apoyo logístico necesario para que el mencionado proyecto llegue a su feliz término.

La información que se entregue será clasificada por nuestra empresa y podrá ser divulgada solo con autorización expresa.

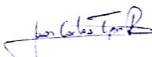
Se llevará seguimiento al trabajo efectuado, comprometiéndose a entregar una carta de conformidad al finalizar el proyecto.

Durante la elaboración del proyecto, se enviará una invitación formal a los directores del proyecto, para visitar nuestra empresa con la finalidad de verificar el avance del trabajo, así como para fomentar las relaciones interinstitucionales.

Aceptamos que la propiedad intelectual es de la Universidad Internacional SEK, sin embargo el trabajo puntual podrá ser utilizado por nuestra empresa sin requerimiento de autorización alguna.

Adicionalmente nos comprometemos a divulgar y/o publicar la colaboración de la Universidad Internacional SEK en la elaboración de los proyectos que se ejecuten conjuntamente, esto es en páginas WEB, seminarios, publicaciones, etc. Cuando sea posible y de manera particular cuando se realice alguna presentación y/o divulgación del tema específico tratado.

Atentamente


Ing. Juan Carlos Tipan
Brand Specialist Tivoli-WebSphere
Rational- Industry Solutions
Nexsys Latinoamérica
Quito
Juán Ramírez N35-20 y Germán Alemán
PBX.: 593 2 3979200

Guayaquil
Parque Empresarial Colón, Edif. Corporativo 3
Piso 2 Ofic. 204
Tells.: 593 4 2136586 / 04 2136587

NEXSYS DEL ECUADOR

www.nexsysla.com

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Anexo C - Certificado de capacitación



Quito, 05 de noviembre de 2014

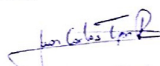
CERTIFICADO DE CAPACITACIÓN

En calidad de Jefe de Recursos y Especialista en las Brand Tivoli-WebSphere-Rational de Nexsys Latinoamérica en el Ecuador. Certificó que:

El Señor Jairo Guillermo Escobar con CI: 172139956-4 procedió a capacitar al personal del área de sistemas y desarrollo, para el uso del Escáner 3D para el desarrollo de aplicaciones multimedia.

Es todo lo que puedo decir en honor a la verdad.

Atentamente


Ing. Juan Carlos Huan
Brand Specialist Tivoli-WebSphere
Rational- Industry Solutions
Nexsys Latinoamérica

Quito
Juan Ramírez N35-20 y Germán Alemán
PBX.: 593 2 3979200

Guayaquil
Parque Empresarial Colón, Edif. Corporativo 3
Piso 2 Ofic. 204
Tels.: 593 4 2136586 / 04 2136587

NEXSYS DEL ECUADOR

www.nexsysla.com

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO EN EL ECUADOR

Anexo D - Certificado de aprobación y puesta en producción.



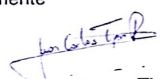
Quito, 05 de noviembre de 2014

CERTIFICADO

En calidad de Jefe de Recursos y Especialista en las Brand Tivoli-Websphere-Rational de Nexsys Latinoamérica en el Ecuador. CERTIFICO QUE:

El producto software denominado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MULTIMEDIA PARA LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO" , desarrollado individualmente por el Sr. JAIRO GUILLERMO ESCOBAR identificado con CI N° 172139956-4, se ha implementado exitosamente y puesto en funcionamiento en la parte de desarrollo de la Empresa Nexsys Latinoamérica en el Ecuador a partir del día 5 de noviembre del 2014

Atentamente


Ing. Juan Carlos Tipan
Brand Specialist Tivoli-Websphere
Rational- Industry Solutions
Nexsys Latinoamérica

Quito
Juan Ramírez N35-20 y Germán Alemán
PBX.: 593 2 3979200

Guayaquil
Parque Empresarial Colón, Edif. Corporativo 3
Piso 2 Ofic. 204
Teléfono: 593 4 2136586 / 04 2136587

NEXSYS DEL ECUADOR

www.nexsysla.com