

Diseño e Implementación de un Sistema Háptico Utilizando Realimentación
con Aire para un Simulador de Cometa Tipo Ala Delta

Christian David Paternina Rodríguez

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería en Mecatrónica
Bogotá D.C.

2013

Diseño e Implementación de un Sistema Háptico Utilizando Realimentación
con Aire para un Simulador de Cometa Tipo Ala Delta

Christian David Paternina Rodríguez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero en Mecatrónica

Director de Trabajo de Grado

Ingeniero Byron Alfonso Pérez Gutiérrez M.Sc.

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería en Mecatrónica

Bogotá D.C.

2013

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del jurado

Firma del jurado

– DEDICATORIA –

“Aunque no sabes cómo ni cuando llegamos al mundo doy gracias a Dios por haber puesto seres humanos tan maravillosos en mi camino que en el día a día me enseñan me inculcan y me reprenden. Gracias a esas personas por las cuales puedo lograr uno de mis más grandes logros a nivel profesional, y personal a todos los que aún están, a quienes ya se han ido. Gracias a todos los que me hicieron la persona que soy ahora”

Christian David Paternina Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

El autor da gracias a Dios por ayudar en este logro realizando este sueño, y por brindar toda la fuerza y perseverancia para lograrlo.

A Byron Alfonso Pérez Gutiérrez, docente de la Universidad Militar Nueva Granada, por la paciencia y el entendimiento digno de un maestro ejemplar.

A los miembros del Centro de Realidad Virtual por su ayuda y amabilidad.

A los docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica que con sus enseñanzas nos dieron las bases no solo para formar nuestro conocimiento como ingenieros sino también en mejor personas.

A mi familia que siempre estuvo apoyándome y sacándome de apuros cuando más los necesitaba en su forma de 7 ángeles enviados por Dios los cuales son mi mamá, papá hermanos, pareja y compañera además de mi hijo.

A nuestros grandes amigos y compañeros por haber compartido con nosotros estos años de experiencias.

Y a aquellos que me ayudaron durante la carrera profesional mis más sinceras gracias.

RESUMEN

El presente trabajo presenta el diseño y construcción de un simulador con realidad virtual de vuelo de cometa tipo ala delta con respuesta háptica de aire. El proyecto utiliza un *Head Mounted Display* con un sistema de seguimiento de orientación para controlar la cámara del entorno virtual con los movimientos de la cabeza del usuario, una cámara Kinect para hacer seguimiento del movimiento del usuario para controlar el movimiento de la cometa, un arreglo de ventiladores para generar la respuesta háptica de aire en la piel del usuario y un entorno virtual en el cual el usuario realiza un vuelo sobre un terreno.

Palabras clave: cometa delta, háptica, realidad virtual.

ABSTRACT

This paper presents the design and construction of a virtual reality simulator flight delta wing kite with air haptic feedback. The project uses a Head Mounted Display with tracking system to control the camera orientation of the virtual environment with the movements of the user's head, Kinect camera to track the movement of the user to control the motion of the comet, an arrangement of fans to generate air haptic response on the skin of the user and a virtual environment in which the user performs a flight over land.

Keywords: haptic, hang glider, virtual reality.

CONTENIDO

	PAG.
INTRODUCCIÓN	1
1 NÚCLEO TEMÁTICO.....	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 DELIMITACION DEL PROYECTO	5
1.5 METODOLOGÍA	6
2 MARCO TEORICO.....	7
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	7
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	9
2.2.1 Vuelo en cometa de ala delta:.....	9
2.2.2 Realidad Virtual.....	13
2.2.3 Háptica	14
2.2.4 Simulación apoyada en computación.....	15
3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA	17
3.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	17
3.1.1 Modelo conceptual del sistema	17
3.1.2 Variables del sistema	18
3.2 SOLUCION PROPUESTA	20
3.3 TRACKING DE LA CABEZA.....	20
3.3.1 Vuzix 920AR	20
3.3.2 Wrap Tracker 6TC.....	21
3.3.3 Vuzix SDK	22
3.4 MOVIMIENTO DEL USUARIO	23
3.4.1 Kinect:	23
3.5 REALIMENTACIÓN HÁPTICA	25
3.5.1 DISEÑO MECÁNICO	25

3.5.2	Diseño electrónico.....	30
3.5.3	Arduino:.....	30
3.5.4	Ventilador eléctrico.....	31
3.6	AMBIENTE VIRTUAL	32
3.6.1	Modelo de la cometa tipo ala delta.....	34
3.6.2	XNA.....	37
3.6.3	GoblinXNA	40
3.6.4	Bryce	42
3.6.5	Blender.....	43
3.7	INTEGRACIÓN DE TODOS LOS COMPONENTES	43
4	EXPERIMENTACION.....	46
4.1	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	46
5	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	51
5.1	CONCLUSIONES	51
5.2	TRABAJOS FUTUROS.....	52
	GLOSARIO	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	PAG.
<i>Figura 1: Cometa de ala delta</i>	9
<i>Figura 2: Ángulos de navegación</i>	11
<i>Figura 3: Giro a la izquierda</i>	11
<i>Figura 4: Giro a la derecha</i>	12
<i>Figura 5: Inclinación hacia delante</i>	12
<i>Figura 6: Inclinación hacia delante</i>	13
<i>Figura 7: Componentes de la Realidad Virtual.</i>	14
<i>Figura 8: Diagrama de Bloques del Sistema</i>	18
<i>Figura 9: Variables del sistema Posición</i>	19
<i>Figura 10: Variables del sistema Entorno Virtual</i>	19
<i>Figura 11: Diagrama de Elementos del Sistema</i>	20
<i>Figura 12: HMD 290AR</i>	21
<i>Figura 13: Tracker</i>	22
<i>Figura 14: Funcionamiento Tracker</i>	22
<i>Figura 15 : Partes del Kinect</i>	23
<i>Figura 16: Primer Prototipo</i>	25
<i>Figura 17: Restricción de movimiento</i>	26
<i>Figura 18: Segundo Prototipo vista iso.</i>	27
<i>Figura 19: Segundo Prototipo vista frontal</i>	27
<i>Figura 20: Prototipo Final</i>	29
<i>Figura 21: Prototipo Final</i>	29
<i>Figura 22: Diagrama del Circuito de Potencia</i>	30
<i>Figura 23: Arduino Mega 2560</i>	31
<i>Figura 24: Ventilador</i>	32
<i>Figura 25: Entorno Virtual</i>	32
<i>Figura 26: Diagrama de Jerarquía</i>	33
<i>Figura 27: turbulencias</i>	34
<i>Figura 28: modelo completo</i>	35
<i>Figura 29: Condiciones ideales</i>	35
<i>Figura 30: Condiciones ideales</i>	36
<i>Figura 30: Modelo final</i>	36
<i>Figura 32: Capas de XNA</i>	38
<i>Figura 33: Esquema XNA</i>	40
<i>Figura 34: Diagrama de Funcionamiento de Goblin XNA</i>	41
<i>Figura 35: Interfaz de Bryce</i>	42
<i>Figura 36: Interfaz Blender</i>	43
<i>Figura 37: Prueba del Sistema</i>	44
<i>Figura 38: Prueba del Sistema</i>	47
<i>Figura 39: Prueba del Sistema</i>	48
<i>Figura 40: Prueba del Sistema</i>	48
<i>Figura 41: Prueba del Sistema</i>	49
<i>Figura 42: Resultados</i>	49
<i>Figura 43: Resultados</i>	50

ÍNDICE DE TABLAS

	PAG.
<i>Tabla 1: Delimitación del proyecto</i>	5
<i>Tabla 2: Tipos de ala delta</i>	10
<i>Tabla 3: Tipos de respuestas</i>	15
<i>Tabla 4: comparación SDK</i>	24
<i>Tabla 5: Resultados</i>	48

INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la sociedad del hombre ha soñado con volar, por ende que el ser humano se vio en la necesidad de crear objetos capaces de satisfacer ese sueño, en la actualidad hay una gran cantidad de elementos que nos pueden acercar a ese sueño de volar libre mente como un pájaro.

Pero como seres humanos pensantes no todos son iguales hay quien le tiene miedo a volar pero sienten una gran curiosidad por realizarlo. En el mundo actual ya existen herramientas capaces de recrear situaciones reales de forma imaginaria como lo es la Realidad Virtual (RV) lo que justificaría el desarrollo del presente proyecto el cual se basa en esta, para la creación de un simulador de vuelo de cometa de ala delta para mostrar una experiencia aproximada a la realidad en un entorno virtual explorando diversas situaciones, como la dirección de vista del usuario y los movimiento de este acoplados al entorno virtual para poder maximizar las sensaciones generadas por este.

1 NÚCLEO TEMÁTICO

En el presente capítulo se encuentran objetivos, planteamiento del problema, la metodología seguida y la delimitación del proyecto con el fin de aclarar las características requeridas por el simulador.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las fobias en las personas son un gran problema para la sociedad, ya que estas llegan a controlar su vida a tal punto que en algunos casos los individuos no vuelven a salir de casa, a subir a sitios altos, a dormir en la oscuridad, entre otras cosas (1). Con el fin de presentar una posible herramienta para el tratamiento de las fobias se puede plantear la realidad virtual (R.V.) como alternativa ya que esta puede ofrecer experiencias reales o imaginarias de manera segura y controlada (2) como es el caso de diferentes tipos de simuladores como de vuelo, conducción, ciclo entrenamiento entre otros utilizados de manera lúdica, capacitación o rehabilitación.

La RV se ha venido introduciendo en la vida cotidiana de las personas como herramienta de aprendizaje y de diversión, la R.V. ofrece muchas ventajas en diferentes aspectos como lo son la seguridad en situaciones que no exponen a sus usuarios a ninguna amenaza real, los costos ya que es menos costo simular una falla que ocurra en la realidad y la comodidad en cuanto que se puede simular estar en el fondo de un océano sin salir de casa entre otros métodos existentes en la vida real, esto destaca la importancia que está tomando y llegará a tomar la realidad virtual en la vida de las personas.

En la actualidad existen muchos sistemas de realidad virtual que utilizan interfaces con los diferentes sentidos, donde se puede encontrar una amplia variedad de respuestas hápticas como lo son fuerza, torque, imágenes, sonidos, aceleraciones, sabores, texturas de superficies, rigidez entre otras, ofreciendo una buena experiencia a sus usuarios (3). Entonces se plantea la pregunta, ¿Se puede construir un sistema de realidad virtual que ofrezca una experiencia agradable y realista a los usuarios a través de una respuesta háptica generada por aire al simular el vuelo de una cometa de ala delta?

En este proyecto de grado, partiendo de la pregunta planteada, se desea diseñar y construir un sistema mecatrónico capaz de brindar una experiencia agradable a un usuario de un simulador de cometa tipo ala delta, para lo

anterior se conformaran tres subsistemas donde se encuentra un sistema mecánico con el fin de dar la respuesta háptica requerida, un sistema electrónico para controlar dichas respuestas generadas y un entorno virtual para su exploración posteriormente a la realización del simulador se generara un protocolo experimental con el fin de evaluar el sistema por personas que tengan o no fobia a las alturas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la RV se ha convertido en una herramienta muy útil en un número de áreas muy variado como son la industria petrolera y de hidrocarburos (4), minería (5), entretenimiento (6), aeronáutica (7), militar (8), salud (9) y educación (10) entre otras. Por lo tanto, al desarrollar de este proyecto, se obtienen competencias en R.V. aplicables a estos sectores industriales.

Al desarrollar un sistema de RV capaz simular el vuelo de una cometa tipo ala delta que brinde estímulos a los usuario como la sensación del viento sobre su piel y el sonido de este además de una vista simulada de un paisaje durante el vuelo, este simulador puede ser utilizado como herramienta para el tratamiento del miedo a las alturas (11) aparte de ofrecerles una experiencia a estas personas que no experimentarían en su vida real.

Desde un punto de vista de ingeniería, este proyecto involucra el diseño de un sistema mecatrónico para determinar la posición y orientación del usuario dentro de un ambiente virtual, involucrando un sistema de control para las respuestas hápticas por medio de aire, utilizando como variables su intensidad y dirección. También se evidencia la importancia de la implementación de un sistema mecánico capaz de realizar las respuestas deseadas permitiendo manipular las características antes mencionadas.

Áreas de la Ingeniería en Mecatrónica involucradas:

- Diseño mecatrónico: se implementará un sistema mecánico conformado por una serie de actuadores que permitan el control de la intensidad y la dirección del aire.
- Control: se elaborará por medio de un sistema electrónico apoyado por computador con el fin de controlar el sistema mecánico

- Computación: Se programará un entorno virtual para lograr la inmersión del usuario a través de los sentidos de la vista y el tacto usando R.V.

Así mismo el sistema de realimentación háptica por aire se construirá de manera modular para que pueda adaptarse a futuros simuladores inmersivos.

Con este proyecto se propone una alternativa original con el fin de generar una respuesta háptica poco utilizada en el medio industrial actual. Además con el desarrollo de este prototipo se puede dejar precedente para la elaboración de simuladores capaces de ser utilizados en aulas de clase como los elaborados en proyectos como *“Integración de Nuevas Herramientas y Tecnologías en la Educación a Distancia”* (12) con el fin de enseñar de una manera más innovadora y atractiva.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un simulador de ala delta capaz de generar una respuesta háptica de aire, implementado mediante un sistema de realidad virtual para realizar un estudio en los usuarios acerca de su experiencia en el simulador, para fines de entrenamiento y/o entretenimiento.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las características necesarias para realimentación háptica con aire en un ambiente de simulación de vuelo en una cometa de ala delta.
- Diseñar un sistema mecatrónico para realimentación de aire.
- Implementar un entorno virtual que permita al usuario manejar una cometa de alta delta.
- Implementar el sistema mecatrónico e integrarlo al entorno virtual.
- Desarrollar un protocolo experimental para evaluar el uso del sistema.

1.4 DELIMITACION DEL PROYECTO

La delimitación del proyecto se encuentra en la tabla 1 donde se habla acerca de los aspectos como el tema, el espacio, el universo, la delimitación conceptual y el alcance del proyecto.

Tabla 1: Delimitación del proyecto

TEMA	Realidad virtual y control
ESPACIO	Universidad Militar Nueva Granada; Vivienda de los Integrantes.
UNIVERSO	Laboratorio de automatización y control; Laboratorio de robótica; Centro de Realidad Virtual; Taller de Electrónica; Taller de Diseño Mecánico
DELIMITACION CONCEPTUAL	Desarrollar un prototipo del simulador de cometa tipo ala delta capaz de generar respuesta hápticas por medio de un mecanismo mecánico acoplado a un sistema electrónico que logre su sinergia con un entorno totalmente virtual visualizado por medio de un periférico capaz de realizar el posicionamiento del individuo dentro del entorno en condiciones ideales de vuelo para uso de entretenimiento.
ALCANCE	Análisis y desarrollo un protocolo experimental para el uso y evaluación del simulador.

1.5 METODOLOGÍA

Siguientes características:

- Tipo de estudio: EXPERIMENTAL.- Ya que implica un papel importante del investigador alterando condiciones y comprobando los efectos de estas.
- Método: PROYECTIVA.- Por que consiste en la elaboración de una propuesta.

El presente proyecto se dividió en cuatro fases para poder estructurar su desarrollo.

Fase 1: Determinación de las características necesarias para realimentación háptica con aire en un ambiente de simulación de vuelo de una cometa de ala delta. Se realizará una revisión del estado del arte y también se define cada uno de los elementos que lleva el simulador como los actuadores, los sensores, el medio de visualización del entorno gráfico, los controles a realizar y utilizar entre otros.

Fase 2: Diseño de un sistema mecatrónico para realimentación de aire. Se realizará el diseño del sistema encargado de las respuestas hápticas teniendo en cuenta que las respuestas hápticas son parte fundamental de proyecto.

Fase 3: Implementación de un entorno virtual que permita al usuario manejar una cometa de alta delta. En esta fase se desarrollará el entorno gráfico junto con el posicionamiento y dirección en este.

Fase 4: Integración del sistema mecatrónico al entorno virtual. El funcionamiento en conjunto de las partes proporcionará un resultado exitoso. Para lograr el funcionamiento correcto se propone el uso de un computador y un micro controlador con el fin de brindar un buen procesamiento de los datos.

Fase 5: Desarrollo de un protocolo experimental para validar el uso del simulador. Se recolectará información por medio de experimentos y encuestas aplicadas a usuarios del simulador y con ello se evaluará la experiencia del usuario.

2 MARCO TEORICO

En el presente capítulos se encuentra el estado del arte partiendo de una revisión bibliográfica para posteriormente realizarse el marco conceptual el cual se constituye en conceptos base.

2.1 ESTADO DEL ARTE

A nivel mundial los primeros simuladores de vuelo se crean casi desde el mismo instante que nace la aviación con en "Sander Teacher" implementado por un aeroplano montado sobre una articulación universal, el cual podía ser orientado hacia el viento y tenía la capacidad de inclinarse levemente (13). Con el tiempo los simuladores fueron evolucionando con las guerras mundiales incorporando así dispositivos electromecánicos e instrumentos de control generando simuladores de diversos tamaños, formas y aplicaciones no solo militares sino industriales, pedagógicos (12) y lúdicos (6).

En la actualidad hay varias empresas que desarrollan simuladores para la industria, los cuales permiten simular procesos y son principalmente usados en capacitación del personal, la detección de fallas de los procesos, en forma lúdica. También existen empresas de tecnología como 3D Virtualware que ha lanzado al mercado una plataforma para tratar las fobias mediante la realidad virtual, conocida como 'VirtualRET', que expone a los usuarios a estímulos que les generen ansiedad por medio de entornos virtuales controlados (14).

En la educación se han desarrollado diferentes tipos de simuladores con propósitos pedagógicos, se puede encontrar una alta gama de variedad de respuestas hápticas. Resaltando a instituciones educativas que han desarrollado una gran numero de proyectos en esta área como los son Worcester Polytechnic Institute con su departamento en ciencias de la computación y University of Applied Sciences Wuerzburg en Alemania (15).

Dentro de los simuladores para uso académico un claro ejemplo es Research and Design of Navigation Simulator Dome Laboratory (16) el cual involucra el desarrollo de un domo de simulación por medio de dos simuladores uno de navegación y otro planetario con la razón de poder utilizarse en una escuela de navegación para barcos.

En cuanto a simuladores con respuesta háptica de aire se destaca el proyecto Head Mounted Wind (17), desarrollado en Laboratorio de Realidad Virtual de EPFL en Suiza, el cual involucra un simulador de un aeroplano liviano implementado por un entorno virtual y un casco de realidad virtual acoplado con una serie de ventiladores que se ubica alrededor de la cabeza de usuario.

También es de resaltar el proyecto Wind Display Device for Locomotion Interface in a Virtual Environment (18) el cual aborda un estudio realizado con dirección y posición diferentes de cuatro fuentes eólicas (turbinas y ventiladores) con el fin de estudiar la percepción eólica del ser humano.

Otro proyecto involucra respuesta háptica es Wind Display Device for Locomotion Interface in a Virtual Environment (19) desarrollando un sistema de visualización de viento para un entorno virtual sobre la interfaz locomoción TreadPort logrando como resultado una combinación de controles pasivos y activos capaces del control de la velocidad del viento y el ángulo que actúa sobre un usuario.

Siguiendo con el desarrollo del anterior proyecto se desarrolló el Steady Headwind Display with Conditional Angular Rate-Switching Control (20) con respecto a la versión anterior de este proyecto cambian la posición del usuario a una de escalado además de la adición de una cámara plenum de presión negativa en la parte trasera de la treadport para mejorar la estabilidad del flujo nominal.

En Latinoamérica la Universidad Católica De Chile plantea la posibilidad de incorporar simuladores para la enseñanza en el aula de clase con el fin elevar el rendimiento de sus estudiantes (21).

A nivel colombiano se han llevado a cabo proyectos por diferentes universidades resaltando a las Universidades Militar Nueva Granada y Universidad EAFIT entre otras. La universidad EAFIT cuenta con proyectos como Simulador de Cirugías mínimamente invasivas (22), Telepresencia (23) entre otros proyectos finalizados.

A nivel institucional la Universidad Militar Nueva Granada por su programa de Ingeniería en Mecatrónica con sus grupos de investigación Davinci y Gav donde se han llevado a cabo diferentes proyectos sobre simuladores como el desarrollo e implementación de un sistema háptico para representar un

endoscopio rígido (24) y Dispositivo Háptico de Posicionamiento en un Espacio 3D dirigido a aplicaciones de tele cirugía (25) entre otros.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

A Continuación se definirán conceptos base del proyecto como RV, Háptica, simulación por computador y vuelo de cometa delta. El hardware y software utilizado en este se describirán en un capítulo posterior.

2.2.1 Vuelo en cometa de ala delta:

Figura 1: Cometa de ala delta



Tomado de (26)

Es un deporte que consiste en el planeo sobre una cometa de ala delta sin rotor o medio de impulsión. Los ala delta son elaborados de aleación de aluminio o materiales compuesto con el fin de tener un mayor rendimiento.

El rendimiento de los planeadores depende de su tipo en los cuales se encuentran tres clases ver tabla 2. Tipos de Ala Delta (27).

Tabla 2: Tipos de ala delta

Clase 1	El <i>ala flexible</i> de ala delta, vuelo controlado por tener un ala cuya forma cambia en virtud del peso desplazado del piloto, estos poseen una tasa de planeos del 17:1 lo que indica que pueden avanzar 17 metros y descender un metro, rango de velocidad de 30 a 145 km / h, el mejor planeo lo realizan a una velocidad de 45 a 60 km/h.
Clase 2	La <i>rígida</i> ala delta, vuelo después de haber controlado por un volquete de elevación , por lo general en la parte superior del ala. En tanto alas flexibles y rígidos que el piloto cuelga por debajo del ala. Este modelo posee una tasa de planeo de 20:1 y un rango de velocidades de 32 a 130 Km/h ofreciendo un mejor planeo entre 50 y 60 km/h.
Clase 3	Diseñado por La Federación Aeronáutica Internacional (FAI), como Sub-Clase S-2 donde el piloto se integra en el ala por medio de un carenado. Estos ofrecen el mejor rendimiento y son los más caros.

2.2.1.1 Instrumentos con los que tiene que contar un ala delta:

Barómetro: Sirve para indica la tasa de ascenso o la tasa de caída con señales de audio o una pantalla visual.

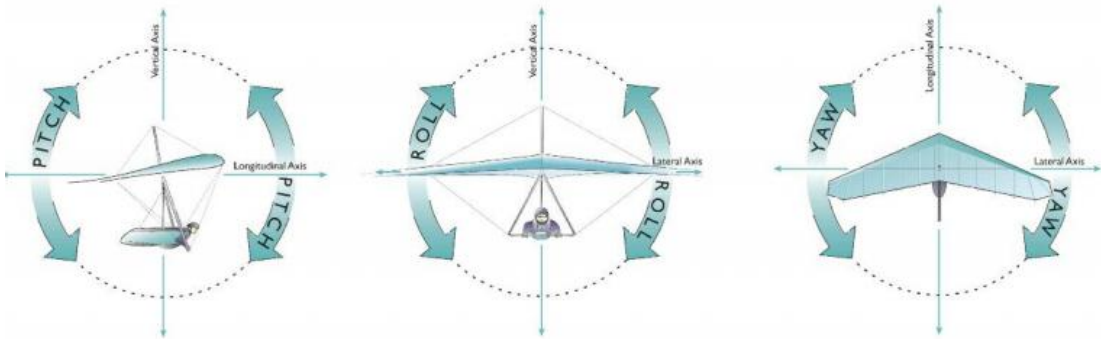
GPS: Global Positioning System es un accesorio necesario al volar que asiste al piloto durante el vuelo para seguir la ruta planeada previamente.

Radio: Se utiliza con la finalidad para comunicarse con otros pilotos en el aire o en tierra para evitar accidentes a tiempo.

2.2.1.2 Manejo de una cometa tipo Ala Delta:

El manejo de una cometa tipo Ala Delta están definido por lo ángulos de navegación (Y, P, R) vistos en la figura 2.

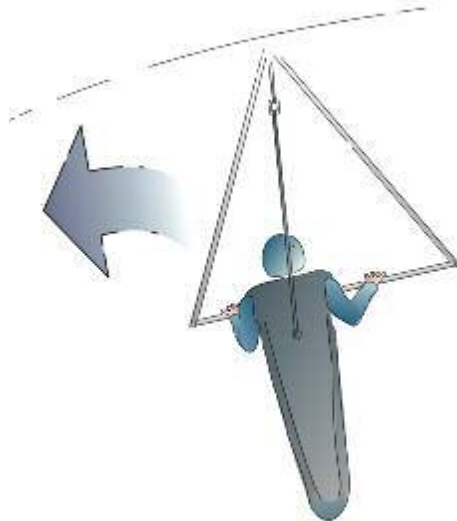
Figura 2: Ángulos de navegación



Tomado de (28)

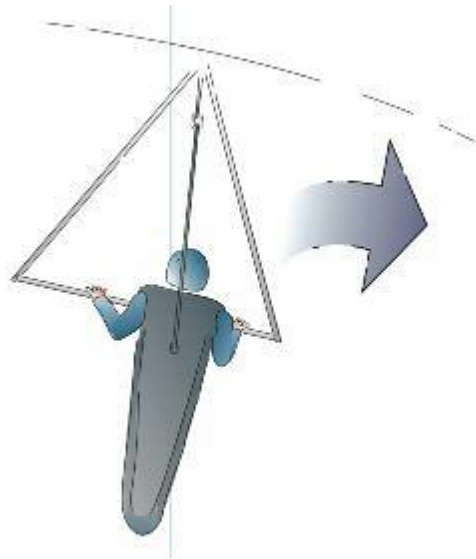
Para el control de la cometa se deben realizar movimiento del cuerpo por parte del usuario ya que el ala delta no posee un timón, para girar el ala delta a la derecha el cuerpo del usuario debe dirigirse hacia la derecha de igual forma para dirigirla hacia ala izquierda(ver figuras 3 y 4) .

Figura 3: Giro a la izquierda



Tomado de (28)

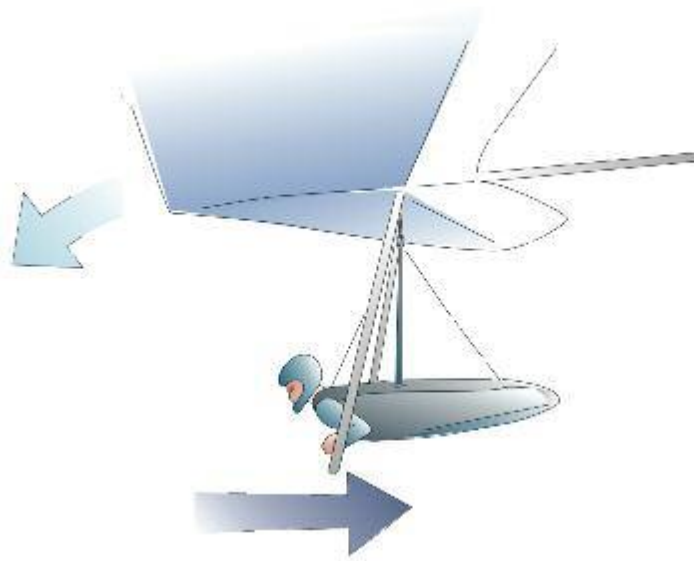
Figura 4: Giro a la derecha



Tomado de (28)

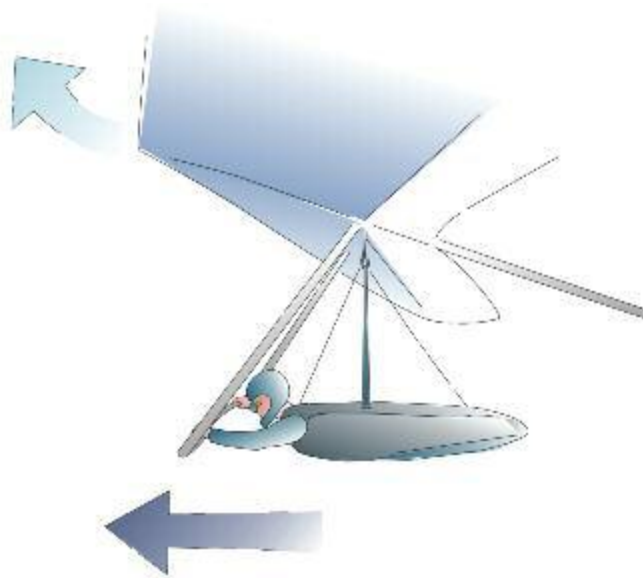
Para manejar el controlar la inclinación de la cometa el usuario debe inclinar su peso hacia delante o hacia atrás (ver figuras 5 y 6).

Figura 5: Inclinación hacia delante



Tomado de (28)

Figura 6: Inclinación hacia delante



Tomado de (28)

2.2.2 Realidad Virtual

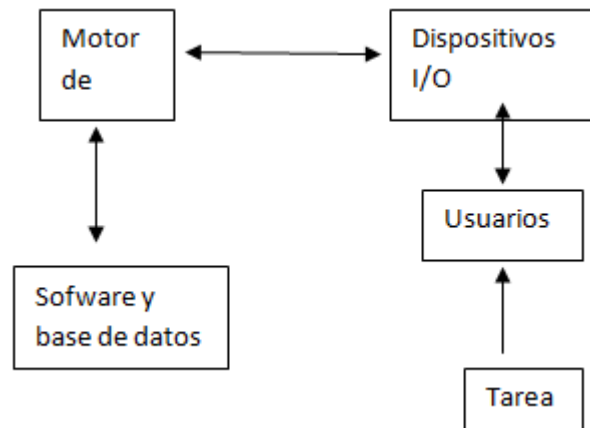
Según (29) la Realidad Virtual es una “representación” elaborada con ayuda de herramientas de computación y generación de entornos virtuales para semejar algo real a algo digital. Es una interfaz usuario-computador de alto nivel que involucra simulación en tiempo real y el uso de diferentes canales sensoriales (vista, oído, tacto, olfato, gusto) (30).

2.2.2.1 Componentes de la realidad virtual:

En cuanto a los componentes de la RV se pueden observar en la Figura 2.

- **Dispositivos de salida:** Son los encargados de enviar información al usuario, por ejemplo HMD (por sus siglas en inglés, Pantalla Montada en la Cabeza), los actuadores (que entregan información para el tacto) (30), etc.

Figura 7: Componentes de la Realidad Virtual.



- **Dispositivos de entrada:** Son encargados de recibir información del usuario, por ejemplo: *joysticks* (como entrada para enviar información al sistema), Trackers (tanto de cabeza, para saber hacia dónde se está mirando), etc.
- **Motor de Realidad:** La estación encargada de albergar el software y hardware para que implemente la realidad virtual. Generalmente se trata de estaciones gráficas de gran desempeño (8).
- **Software de RV:** Está dividido en varias clases, como librerías de programas o sistemas que pueden crear interfaces completas para diferentes mundos virtuales.
- **Base de datos:** Los objetos del mundo virtual deben ser almacenados convenientemente para facilitar su acceso, por lo tanto su y para ello se usa una base de datos.

2.2.3 Háptica

Como lo define Miguel Otaduy y Ming .Lin en su libro Haptic Rendering el concepto se origina de la palabra griega “haptesthai” relacionada con la sensación de tocar o sentir. Por lo cual una respuesta háptica se refiere a la acción de generar estímulos que generen sensaciones en el usuario (31).

2.2.3.1 Tipos de respuestas:

A continuación se presentan los tipos de respuestas y los sentidos que las captan en la tabla 13.

Tabla 3: Tipos de respuestas

Los modelos sensoriales	Funciones de los órganos de los sentidos
Visión	Ver
Auditivo	Oír
Olfativo	Oler
Vestibular	Aceleración
Sabor	Sabor /Textura de la comida
Sensibilidad de la piel	Texturas de las superficies
Propinación	Rigidez /Peso

2.2.4 Simulación apoyada en computación

Es una herramienta que representa situaciones reales o imaginarias utilizando un sistema computacional. Un simulador permite replicar características reales de forma controlada por medio de respuestas hápticas. Para ello se construyen modelos, normalmente una simplificación de la realidad, que surgen de un análisis de todas las variables intervinientes en el sistema y de las relaciones que se descubren existen entre ellas.[12]

2.2.4.1 Ventajas de los simuladores:

- Los simuladores ofrecen la posibilidad de evaluar situaciones deseadas de forma controlada de manera virtual.

- Permiten sumergir a los usuarios en una experiencia que en la vida real sería demasiado peligrosa para estos, como por ejemplo en un simulador de vuelo con la aparición de fuego en los motores.
- El usuario es un componente activo, por lo que debe resolver la situación propuesta por el entorno virtual que se le presenta, procesar la información, tomar decisiones, y obtener los resultados.

2.2.4.2 Tipos de simulador:

- No inmersivos: La instancia más básica y menos adecuada. La simulación no es muy prolija en detalles y los controles presentados no son idénticos sino que se maneja todo a través de interfaces básicas como joystick o teclado (32).
- Semi inmersivos: La más eficiente en términos de efectividad educativa v/s costo. La visualización es prolija en detalles y los controles son idénticos a los reales (32).
- Inmersivos: La más real debido a que la persona siente sensaciones físicas de control sobre la máquina, además de presentar en controles e imagen el nivel de detalle del tipo semi inmersivo.

3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El análisis del problema se contempla como una etapa de búsqueda de variables presentes en el mundo real y virtual además de definir el sistema completo con cada uno de sus componentes para lo cual se llevará el siguiente orden: Determinar los requerimientos del sistema, establecer el modelo del sistema y de sus respectivos subsistemas, describir las variables y parámetros del sistema.

3.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

El sistema completo diseñado deberá contar con las siguientes características

Mínimas de funcionalidad:

- Debe contar con un dispositivo que cense la dirección de vista y la posición del usuario.
- El sistema debe tener retroalimentación de aire.
- Debe contar con un entorno grafico para el vuelo de una cometa de ala delta

3.1.1 Modelo conceptual del sistema

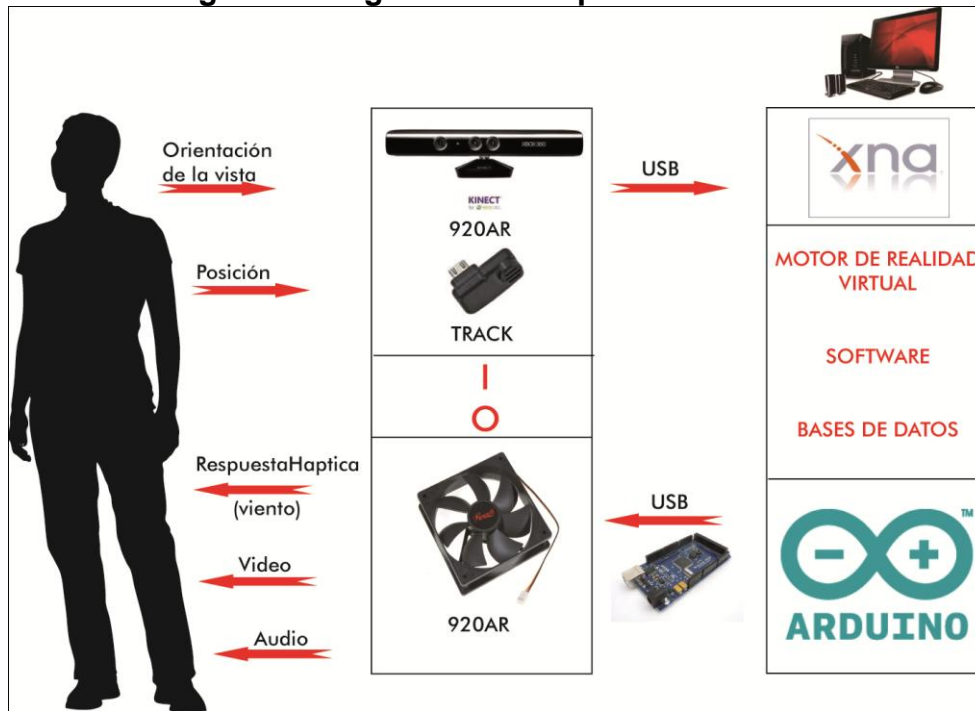
En esta parte del análisis se muestra un diagrama de bloques representativo del sistema ver Figura 16.

En el sistema deberá incorporar todos los elementos de la realidad virtual como lo vemos en la figura 16 como lo son los dispositivos de entrada y salida, el motor de realidad virtual, software y bases de datos.

Como **dispositivos de entrada** se tiene el sensor Kinect para rastrear la posición del individuo con el fin de darle la dirección a la cometa delta en el entorno virtual, ya que la posición del usuario indicara la dirección que quiera seguir en el mundo virtual.

Además se utilizó el tracker de las gafas 920AR de la compañía Vuzix para identificar la dirección de vista del usuario para recrearla en el entorno virtual.

Figura 8: Diagrama de Bloques del Sistema



En los **dispositivos de salida** necesitaba que pudieran reproducir el entorno mediante pantallas de video, el sonido por audífonos para esto se trabajo con el HMD wrap 920 AR por que contaba con visión 3D además de la capacidad de reproducir audio. Para la respuesta háptica de aire se utilizó ventiladores como actuadores.

Por el motor de realidad virtual, el software y las bases de datos la herramienta seleccionada y trabajada es XNA por sus notables ventajas al poder integrar estos tres aspectos en solo u conjunto.

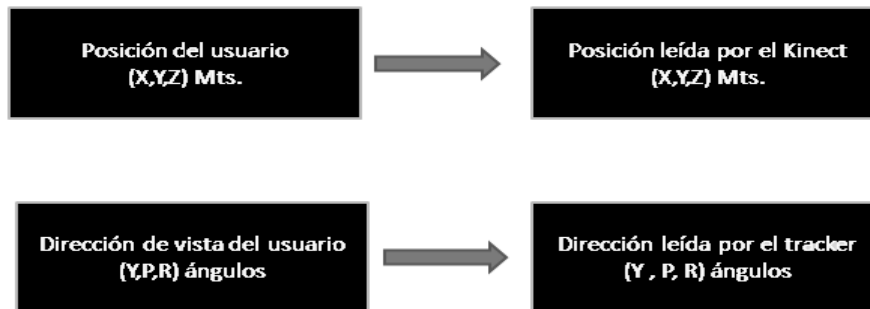
3.1.2 Variables del sistema

A continuación se definirán las variables obtenidas del usuario y tratadas en el entorno virtual.

3.1.2.1 Variables del usuario:

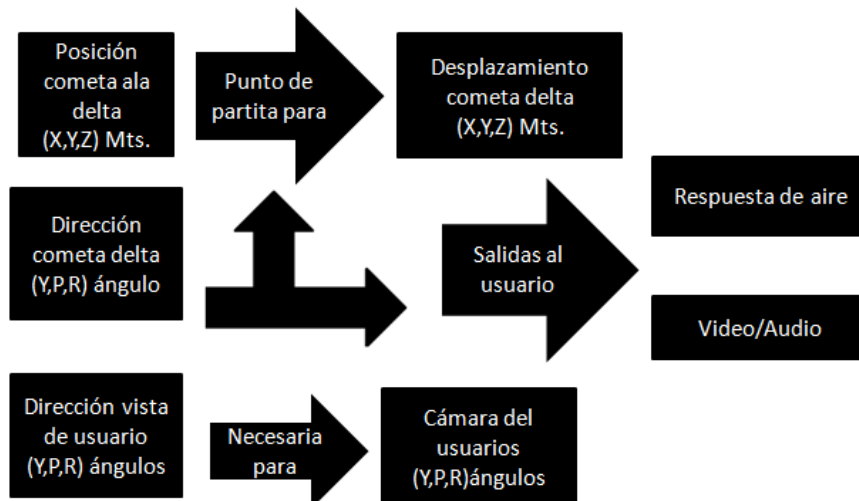
Dentro de las variables que se deben tener del usuario se encuentran la dirección de vista la cual está observando, la posición del usuario para poder seguir su movimiento con el cual va a dirigir los movimientos de la cometa.

Figura 9: Variables del sistema Posición



3.1.2.2 VARIABLES ENTORNO VIRTUAL

Figura 10: Variables del sistema Entorno Virtual

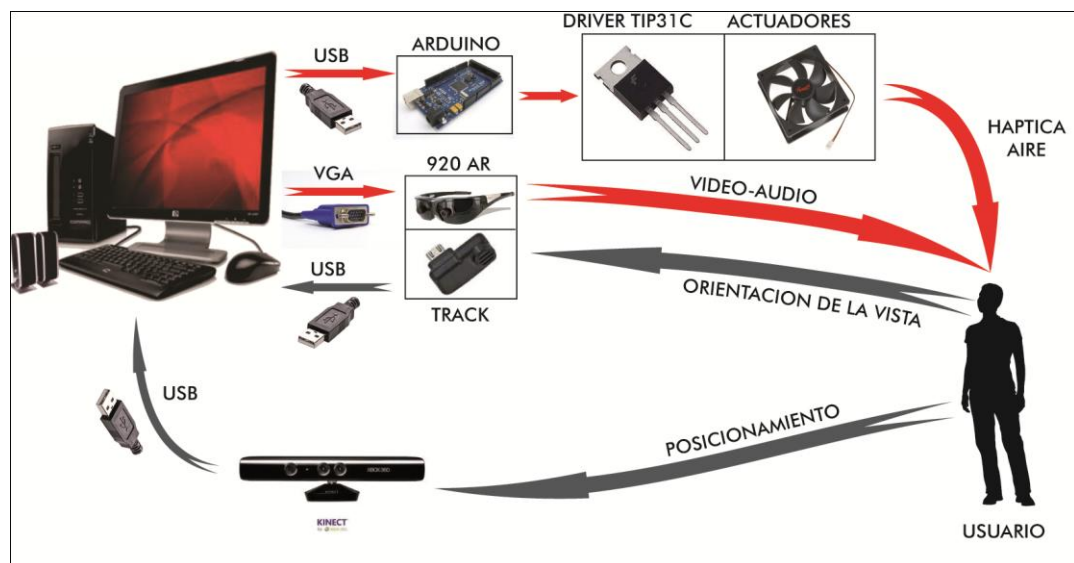


INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.2 SOLUCION PROPUESTA

La solución planteada se visualiza en la en la figura 11 donde se sensan entradas de orientación de vista y posicionamiento del usuario por medio del track y el kienct para ser procesador por el ordenador y posteriormente ser enviados los datos de video, audio y dirección del viento por medio del HMD y los ventiladores.

Figura 11: Diagrama de Elementos del Sistema



3.3 TRACKING DE LA CABEZA

3.3.1 Vuzix 920AR

Este *Head Mounted Display* (HMD) cuenta con dos cámaras frontales para desarrollar una realidad aumentada más rápida y real. De la misma forma cuenta con dos displays para cada ojo con los cuales genera una visión 3D de forma paralela y una sistema de sonido integrado con audífonos para generar una sensación mas real.

Figura 12: HMD 290AR



Tomado de [32]

Aun que no viene integrada con un sistema de rastreo capaz de leer los movimientos del usuario es completamente funcional con el tracker diseñado para este tipo de HMD. (33)

Las especificaciones del HMD se encuentran en el anexo 1.

3.3.2 Wrap Tracker 6TC

El Tracking es un potente accesorio de HMD que permite experimentar las aplicaciones de RV y Realidad Aumentada (RA) (ver Figura 13), girando e inclinando la cabeza para ver donde usted observando y seguir la acción como si estuvieras allí.

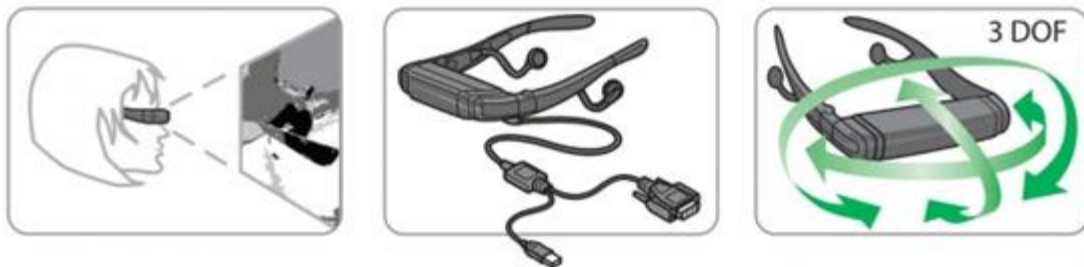
El tracking cuenta con 6-DOF (grados de libertad ver Figura 14) donde incluye VR Manager, una aplicación de software para el seguimiento de 3-DOF (grados de libertad) además de la calibración de seguimiento y permitiendo dicho rastreo aplicado en una gran variedad de juegos y otras aplicaciones. El valor de este accesorio es de \$ 69.99 (USD) (34)

Figura 13: Tracker



Tomado de [33]

Figura 14: Funcionamiento Tracker



Tomado de (33)

3.3.3 Vuzix SDK

El kit de desarrolladores de Vuzix cuenta con los drivers, ejemplos y códigos necesarios para poder lograr obtener y desarrollara las aplicaciones para este dispositivo permitiendo acceder al tracker y a los dispositivos de video como las pantallas o las cámaras, para resaltar este kit de desarrollo es gratis para aplicaciones no comerciales. [(35)

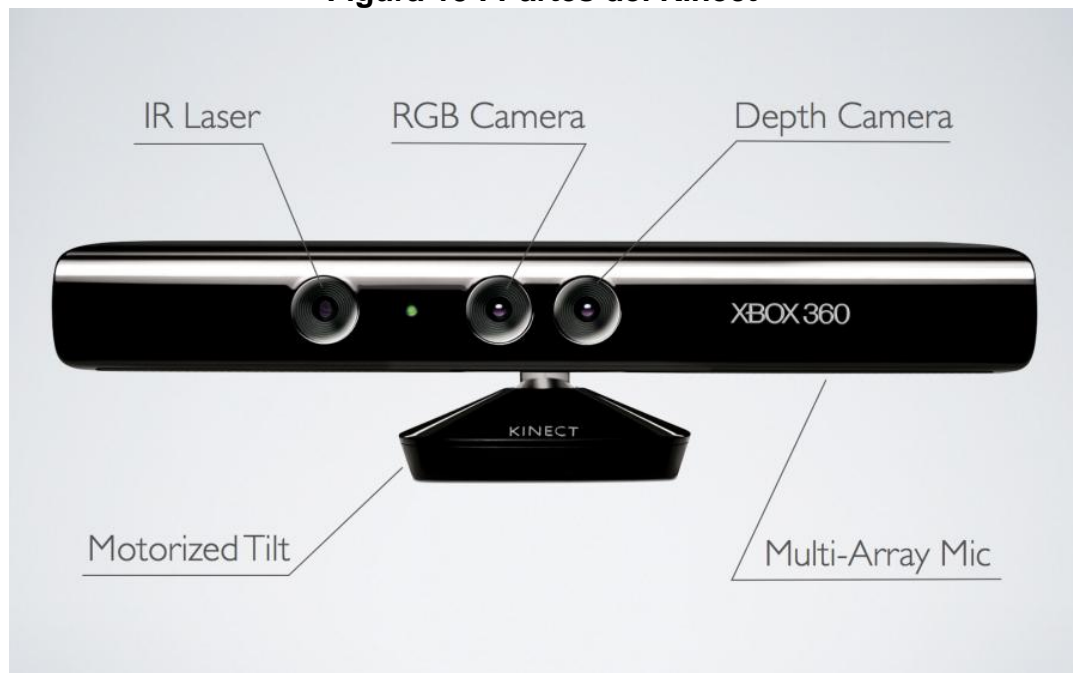
3.4 MOVIMIENTO DEL USUARIO

3.4.1 Kinect:

El Kinect (ver Figura 15) originalmente fue diseñado como un dispositivo para el Xbox 360 capaz de controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tener contacto físico con un controlador de videojuegos tradicional, mediante una interfaz natural de usuario que reconoce gestos, comandos de voz, objetos e imágenes.

En un principio el Kinect adopto el nombre del “proyecto natal” en el 2009 donde este inicio liderado por Alex Kipman director de Microsoft, entre las características del Kinect se encuentran su forma de barra horizontal con una medida de 23cm juntos con sus partes que a continuación se describen.

Figura 15 : Partes del Kinect



Tomado de [36]

Kinect contiene en su funcionamiento óptico consta de tres partes, una luz infrarroja que ilumina a los objetos que encuentra dentro de su campo de visión; un Sensor Active Pixel Sensor detecta la luz basado en tecnología

CMOS, que detecta las diferentes distancias (intensidad) que recorre la luz; y el chip PrimeSense 1080 SoC que mediante un algoritmo traduce la información recibida de la luz en un mapa de profundidad en tiempo real (36). Además de contar con un micrófono multi array y un motor para controlar su elevación. (37)

3.4.1.1 Kinect SDK

Hay muchos SDK desarrollados para el Kinect pero en el presente proyecto solo se encuentran dos el SDK de Microsoft y el de OpenNI, las principales características que mostraran en la tabla 4

Tabla 4: comparación SDK

Característica	Microsoft	OpenNi
Rastreo Skeleton	<ul style="list-style-type: none"> • 20 articulaciones • 2 usuarios simultáneamente • Modelo de Rastreo Rápido 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 articulaciones • 2 usuarios simultáneamente • Modelo de Rastreo Lento
Precisión conjunta	<ul style="list-style-type: none"> • Alta predicción por su modelo de predicción • Alta probabilidad de falsos positivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja precisión al no tener modelo de predicción • Baja probabilidad de falsos positivos
Video Color Stream	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta formatos capaces hasta 1024x768 	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta formatos capaces hasta 800x600
Grabación de audio	<ul style="list-style-type: none"> • Permite acceso completo a la matrices de micrófonos y capacidad de grabación 	<ul style="list-style-type: none"> • NO Permite acceso a la matrices de micrófonos y capacidad de grabación
Reconocimiento de voz	<ul style="list-style-type: none"> • Permite 	<ul style="list-style-type: none"> • No permite ya que no tiene acceso a los micrófonos
Dependencia de plataforma	<ul style="list-style-type: none"> • Windows 	<ul style="list-style-type: none"> • Windows • Linux • OS X.

En base a la tabla anterior se decide trabajar con el SDK de Microsoft ya que este permite un seguimiento de Skeleto rápido y de mayor precisión que OpenNi (38).

3.5 REALIMENTACIÓN HÁPTICA

3.5.1 DISEÑO MECÁNICO

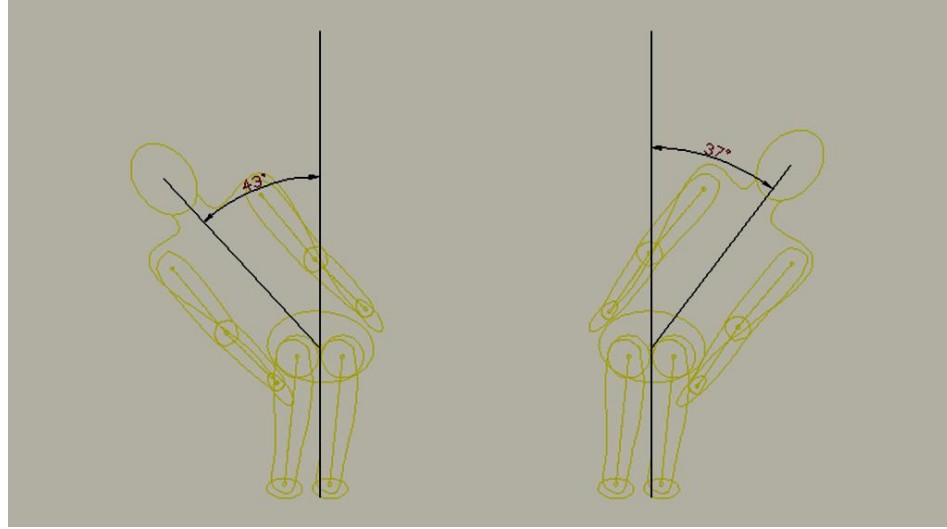
Se define que para poder diseñar el sistema mecánico encargado de realizar la respuesta háptica de aire es necesario varios puntos que lo generen de esta forma se inspeccionaría varios materiales para el soporte de los ventiladores.

Figura 16: Primer Prototipo



Para el primer diseño se procedió a utilizar una estructura elaborada en madera por sus características de resistencia aun bajo peso, con tres puntos de aire separados 40 cm entre si y en un ángulo de 45 respecto a la horizontal este valor se eligió en base a la figura 19 por que el usuario solo puede moverse 45 grados máximos hacia cada lado. Los planos del presente diseño se encuentran en los anexos.

Figura 17: Restricción de movimiento



Ventajas:

- Liviano
- Poco espacio
- Económico
- Bajo consumo de corriente
- Fácil control

Desventajas:

- Poco flujo de aire
- Ubicación muy cerca del usuario impidiendo el movimiento de este.

Principal mente por los bajos flujos de aire y el obstaculizar el moviendo del usuario se procedió a realizar un rediseño

Figura 18: Segundo Prototipo vista iso.

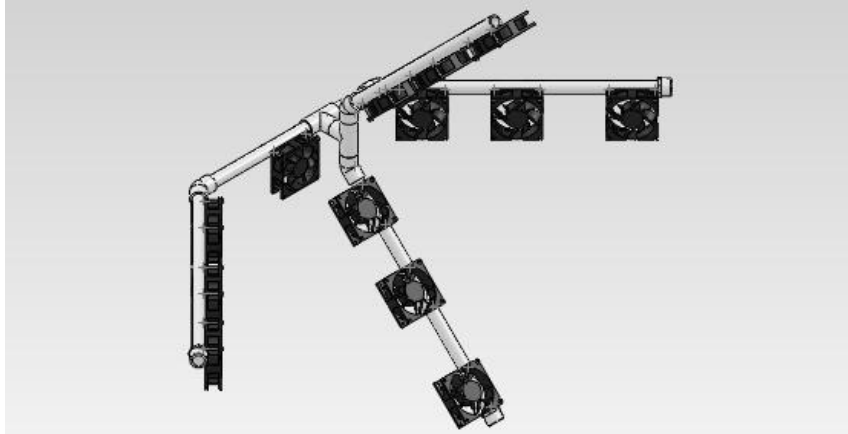
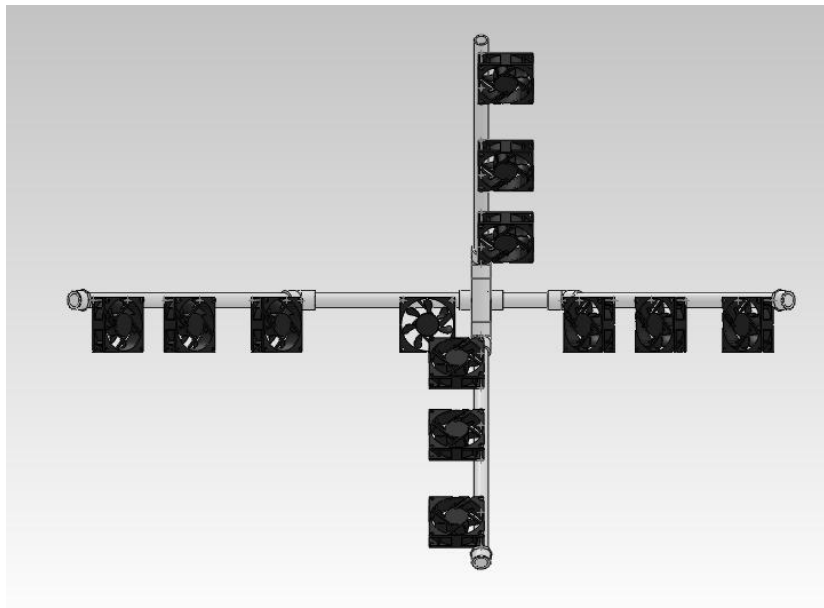


Figura 19: Segundo Prototipo vista frontal.



Para el segundo diseño (ver figuras 13 y 14) se fijaron como objetivo superar las dificultades del primer diseño por lo que se involucraron para este 9 ventiladores separados por 20cm en una estructura de madera balsa en forma de cruz con el fin de generar más flujo de aire.

Ventajas:

- Alto flujo de aire
- No presentaba restricción a los movimientos del usuario

Desventajas:

- Alto consumo de corriente
- Requiere de mucho espacio
- Difícil transporte
- Interferencia con los sensores de medida
- Difícil control

Principalmente por interferencia con los sensores de medida este diseño fue cambiado además que presentaba un alto costo. Los planos del presente diseño se encuentran los anexos.

Para poder lograr obtener un buen flujo de aire con una estructura que no hiciera interferencia con los sensores surgió un diseño que consistía en 6 ventiladores (ver figuras 14 y 15) con una estructura en PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada de ancho la cual consistía en una arreglo de 3 ventiladores repartidos en los brazos del usuario aun que presentaba un flujo de aire muy bueno y no presentaba interferencia con los sensores el peso y la fatiga del usuario aparecían rápida mente por lo que se decidió rechazar este modelo.

En el ultimo diseño se involucraron 9 ventiladores en una estructura de PVC total mente desarmable para facilitar su transporte y su peso, además se volvió a retomar la estructura en forma de cruz pero de menor dimensiones con el fin de ubicar el sensor sobre esta, así no presentaría interferencia con su medida. Por último la estructura estaría sujeta al escritorio permitiendo el libre movimiento del usuario sin interferencia de esta.

Figura 20: Prototipo Final

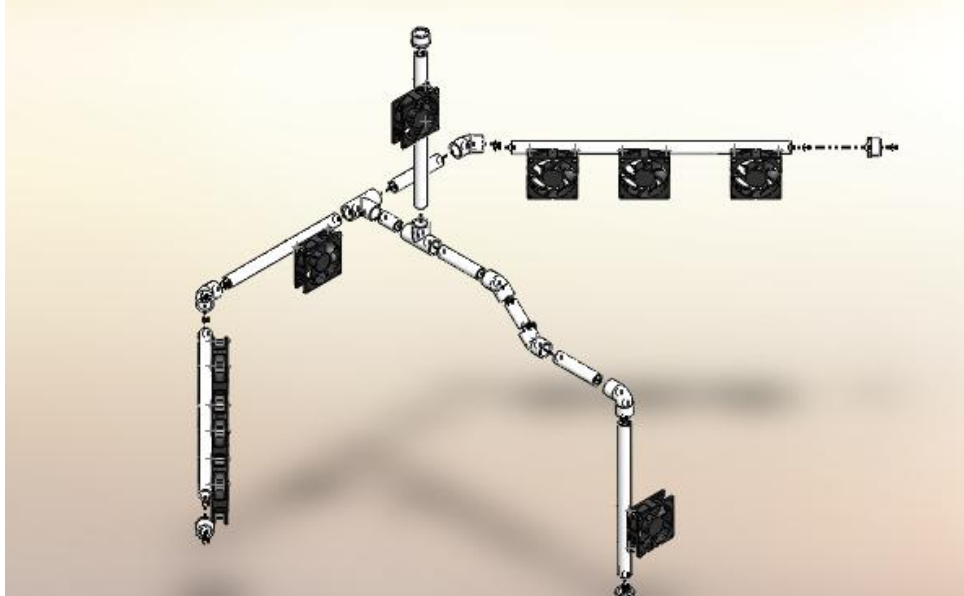
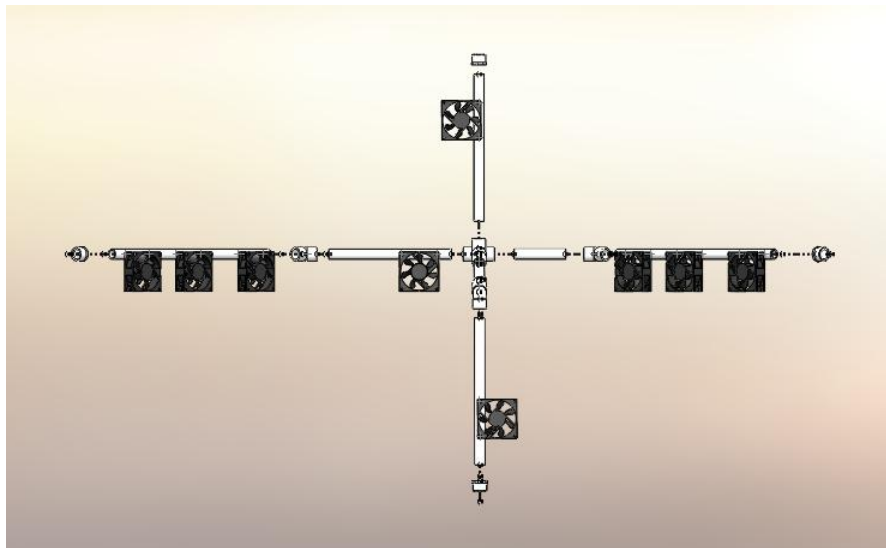


Figura 21: Prototipo Final



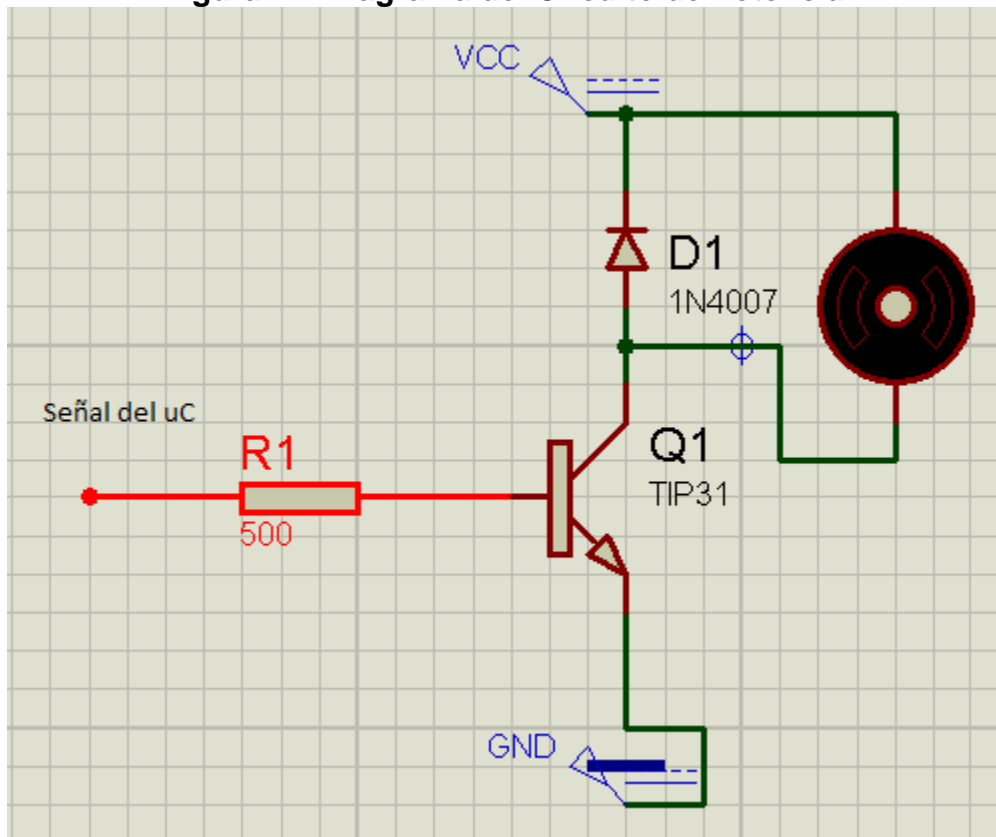
En el ultimo diseño se involucraron 9 ventiladores en una estructura de PVC total mente desarmable para facilitar su transporte y su peso, además se volvió a retomar la estructura en forma de cruz pero de menor dimensiones con el fin de ubicar el sensor sobre esta, así no presentaría interferencia con su medida. Por último la estructura estaría sujeta al escritorio permitiendo el libre movimiento del usuario sin interferencia de esta.

3.5.2 Diseño electrónico

Como se definió antes la cantidad de ventiladores, nueve en total se eligió un micro controlador que tuviera suficientes PWM para controlarlos por esta razón, el Arduino mega 2590 se escogió. Ya que cuenta con muy buenas características.

Para el driver de potencia de los motores se diseñó un circuito con transistores TIP 31c y diodos como sistema de protección.

Figura 22: Diagrama del Circuito de Potencia



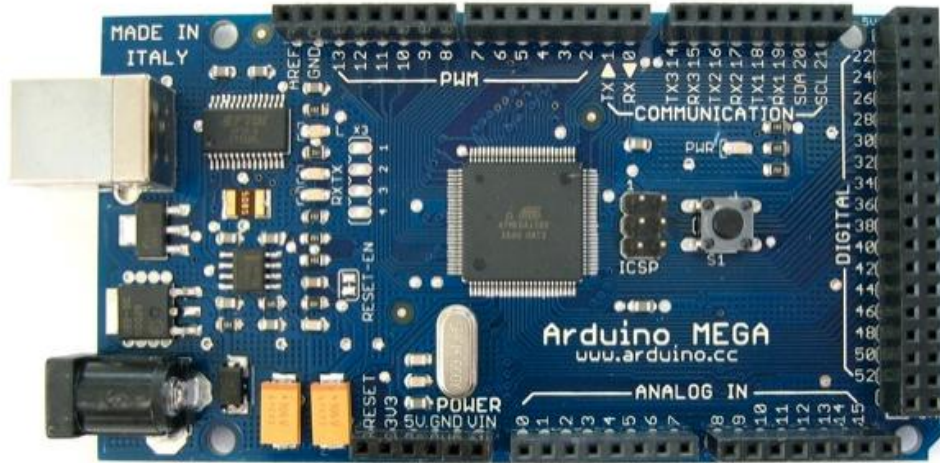
3.5.3 Arduino:

Arduino es un prototipo eléctrico de plataforma abierta de fácil uso que está constituido por placas de circuito impreso y un micro controlador "ATMEL". Arduino presenta varias ventajas frente a otros micro controladores como lo es la simplicidad ya que viene integrado con la placa por lo tanto no se necesitan elementos externos para programar, lenguaje sencillo de programar además de un software especializado que hace realmente sencillo

su utilización , precio aceptable y menor frente a otro micro controladores de iguales características entre otros. (39). Para este proyecto se utilizó el Arduino mega 2560:

Figura 23: Arduino Mega 2560

Arduino Mega



Tomado de [28]

Como se indico anteriormente las placas se basan en micro controladores "ATMEL" y esta posee un micro atmel 2560 con las características mostradas en el anexo 2.

3.5.4 Ventilador eléctrico

Un ventilador eléctrico y consiste en un rodete con aspas que giran produciendo una diferencia de presiones. (28)

Figura 24: Ventilador



Tomado de [28]

3.6 AMBIENTE VIRTUAL

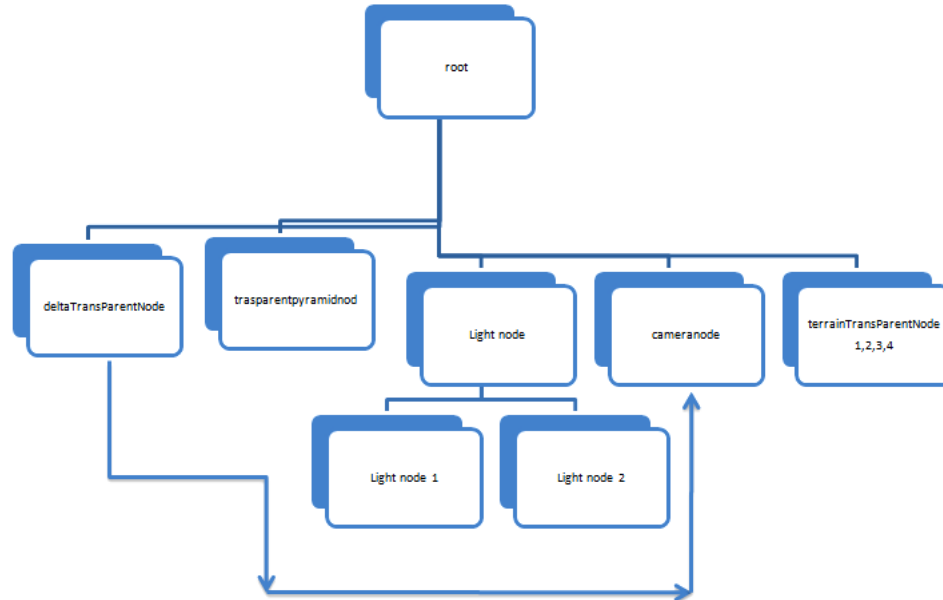
Para lograr satisfacer los objetivos del proyecto se diseñó un escenario 3D donde el usuario lograra el desplazamiento de la cometa delta mediante sus movimientos, dirigiera la cámara con el movimiento de su cabeza y el entorno calculara la dirección del viento para lograr calcular los actuadores que se debían encender en el momento.

Figura 25: Entorno Virtual



El esquema de jerarquía quedaría de la siguiente manera (ver figura 26):

Figura 26: Diagrama de Jerarquía



En el diagrama anterior se aprecia la jerarquía que contiene el software basado en **goblinXNA** donde el **Root** es el padre de todos los nodos y por lo tanto es quien se va a dibujar en el método **Draw** luego contamos con tres tipos de nodos los cuales son:

DeltaTransParentNode: es un nodo de transformación que involucra la cámara y la cometa. Por lo que si la cometa se desplaza la cámara también hará el desplazamiento, no obstante si la cámara gira la cometa no lo hará, ya que la cámara es hijo de la cometa y está sujeto a las transformaciones de esta.

Transparentpyramidnod: también es un nodo de transformación que contiene un cubo gigante el cual le da la impresión al usuario que el entorno es ilimitado, esto se logra al reflejar en las caras internas del cubo fotografías de un panorama.

Light Node: son los nodos de luz a los cuales se asigna un tipo de luz. Una dirección y un color, se cuenta con dos nodos en este caso ambos nodos hijos de este son luces direccionales las cuales cumplen con el objetivo de generar luz suficiente para el entorno gráfico.

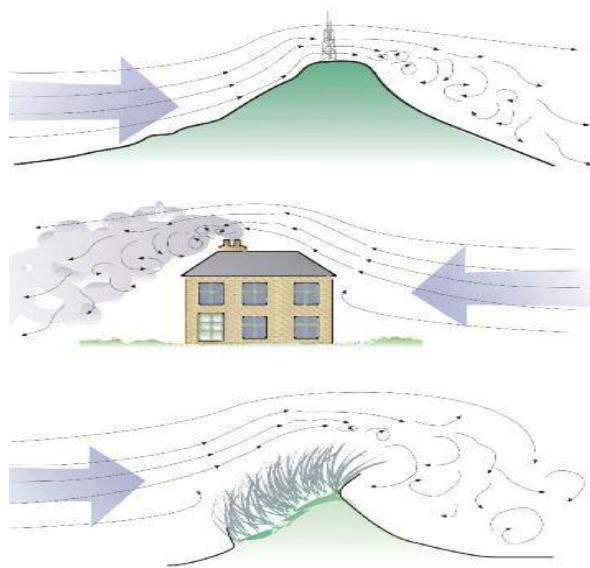
Cameranode : es el nodo encargado de asignar cual va hacer la cámara de la aplicación , al realizar esto la ventana de la aplicación mostrara lo que la cámara está viendo entre un primer plano y un segundo plano definidos por el programador.

TerrainTransParentNode 1 2 3 y 4: estos nodos son los padres a los modelos de las montañas, cada nodo de estos contiene 30 modelos asignados en si con los que pueden controlar su escala su transformación o rotación.

3.6.1 Modelo de la cometa tipo ala delta

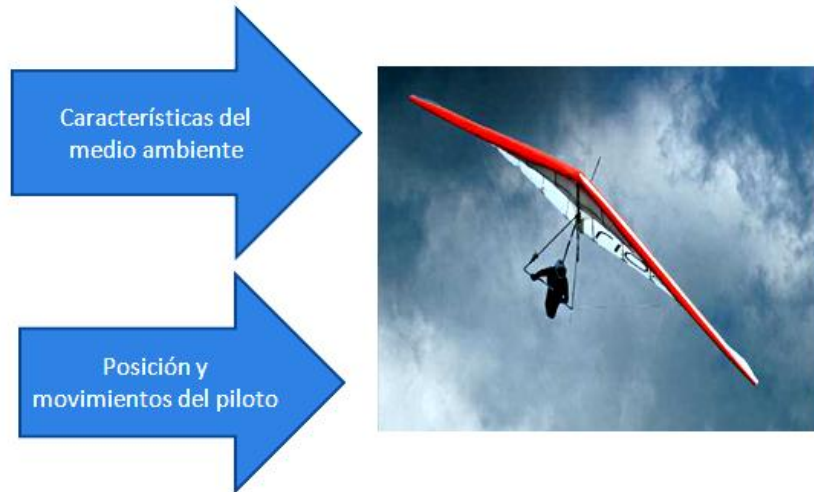
El modelo de la cometa tipo ala delta que está representado en este artículo (40) el cual contempla el desarrollo de un modelo de vuelo de una cometa y es comparado con datos obtenidos durante el vuelo real de un ala delta. Concluye con un modelo aproximado al real el cual contempla unas entradas como elementos del medio ambiente y control del usuario(ver figura 28) un modelo de movimiento no lineal en condiciones de viento cerca a elementos como montañas, torres eléctricas y edificios por que estos generan turbulencias en el aire ver figura 27.

Figura 27: turbulencias



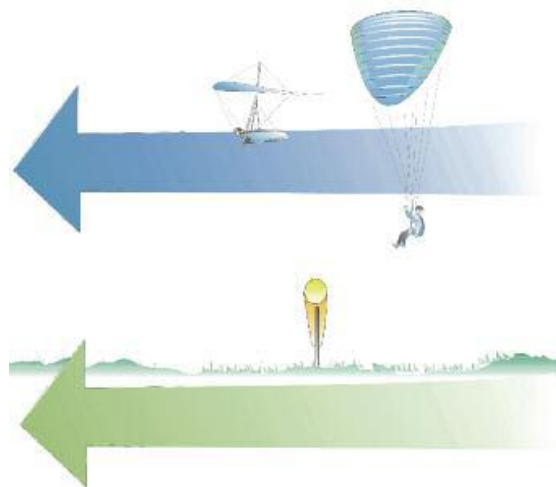
Tomada de (28)

Figura 28: modelo completo



Pero en contraste con el anterior párrafo en condiciones ideales como las vistas en la figura 29 y 30 realizan un movimiento lineal en dirección frontal y de caída.

Figura 29: Condiciones ideales



Tomado de (28)

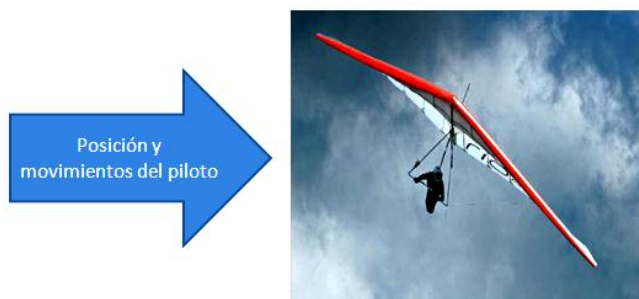
Figura 30: Condiciones ideales



Tomado de (28)

Para cumplir con la delimitación del proyecto se debe desarrollar en condiciones ideales para el vuelo por lo tanto las únicas entradas tenidas en cuenta para el modelo del movimiento del ala delta solo son la posición y el movimiento del usuario (ver figura 31).

Figura 31: Modelo final



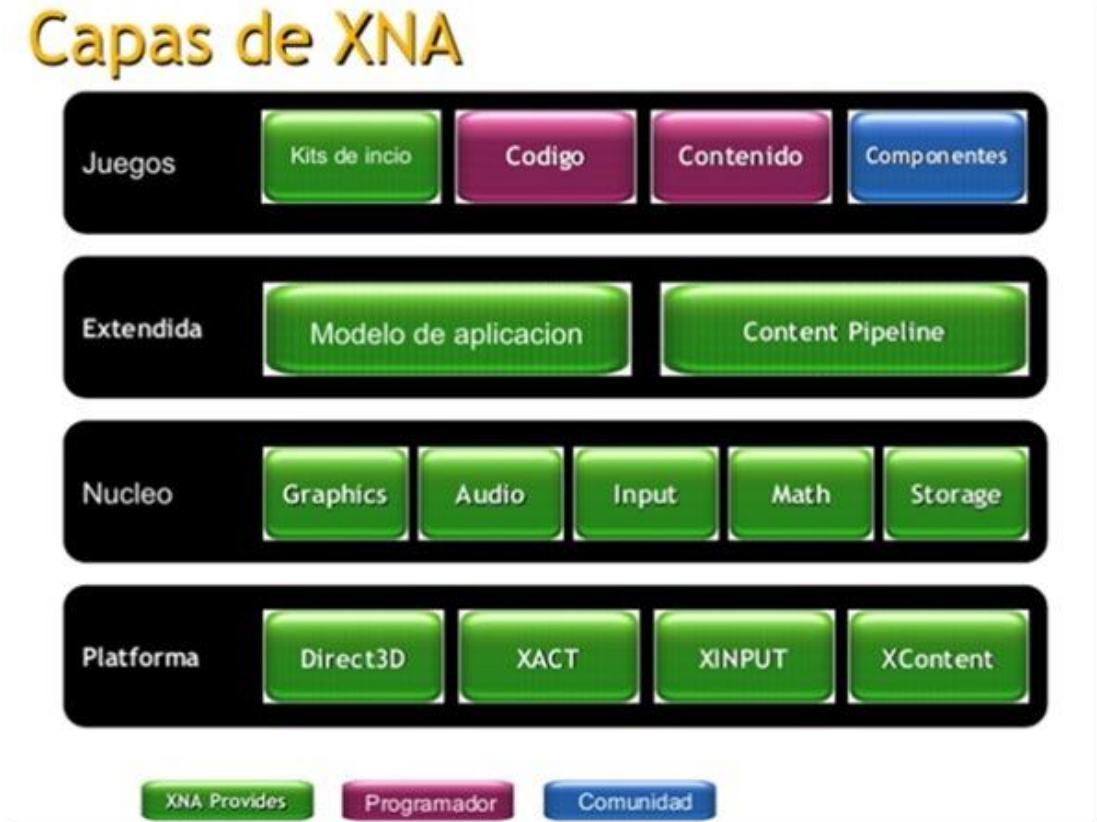
3.6.2 XNA

XNA Game Studio no es elemento de programación propio. En su lugar, se trata de un plug-in para Visual Studio. La primera versión, publicada en 2006, fue instalado como un plug-in de Visual Studio 2005 con plantillas de proyecto personalizadas. Para ser más precisos, se requiere una versión especial llamada Visual C # 2005 Express, Dado que Visual Studio ahora tiene un sistema robusto de plug-in , se puede llamar a XNA simplemente un SDK-a Software Development Kit para juegos multiplataforma. Pero XNA ha tomado un camino su propio durante su corta vida, ya que amenudeo se confunde con un producto autónomo. XNA es un SDK pero también tiene las propiedades de un motor de juego rudimentario. La Tabla 1.1 muestra que cada versión de XNA Game.

Podemos encontrar que XNA es un complemento a visual estudio dedicado al desarrollo de video juegos para diferentes consolas como celulares con Windows phone , Xbox 360, zune y PC que está orientado a todo tipo de desarrolladores desde los más novatos hasta los más veteranos en el desarrollo de video juego

3.6.2.1 Capas del XNA

Figura 32: Capas de XNA



Tomado (31)

En la imagen anterior se diferencian tres colores verde, rojo y azul que ayudarán a entender las capas: (32).

Verde - XNA Studio, los objetos, las bibliotecas, los programas para ayudar a los desarrolladores en el proceso de creación de juego. No es posible cambiar estos archivos, son como una caja negra".

Red – en estos bloques estará el entorno de trabajo, nuestro espacio donde podemos crear todo utilizando C# y agregar nuestros modelos, imágenes, videos efectos sonido, entre otros.

Blue - Son todos dll, programas, juegos que se venden, de código abierto o software libre.

En la capa de **Platform** se basa en archivadores: Direct3D, XACT, XINPUT, XContent.

Direct3d, también conocida como DirectX o MDX (Manage DirectX). Aquellos de ustedes, de alguna manera familiarizado con la codificación en DirectX tendrá una forma fácil de seguir. Hoy en día usamos DX 10.1, Xbox 360 tiene 9,2 DX (es una versión especial de 9,1). Usando DX podemos hacer todas las cosas, menú, objetos en nuestro juego de animación. Si usted está pensando en un gran partido, debe utilizar DX.

XACT es una herramienta para ayudar a construir música en el juego. Es una herramienta lista de creación de audio para su uso por juego. XACT organizará los sonidos para un juego como un proyecto XACT que contiene referencias a los archivos de sonido que desea utilizar y las instrucciones sobre cómo utilizarlas en el juego.

XInput es una biblioteca para todos los dispositivos que se comunican con el juego como el teclado, ratón, mando de Xbox 360 o Wii Mote.

XContent este es el espacio de todas las texturas, los modelos, las imágenes también código para tubería. En la siguiente capa, que es el almacenamiento.

La capa de Core o Núcleo son todas las cosas que usted utiliza en Visual Studio por ejemplo: el uso de XNA.Graphics. Pero antes de que comencemos nuestro.

3.6.2.2 Funcionamiento de XNA

El funcionamiento de XNA se basa en la principal clase de programa elaborado por el usuario, XNA crea por defecto cuatro métodos los cuales son:

Update: Esta función es llamada cada tick lógico, es muy importante dentro de un juego puesto que tendrá que ser implementada por la lógica de nuestro juego.[33]

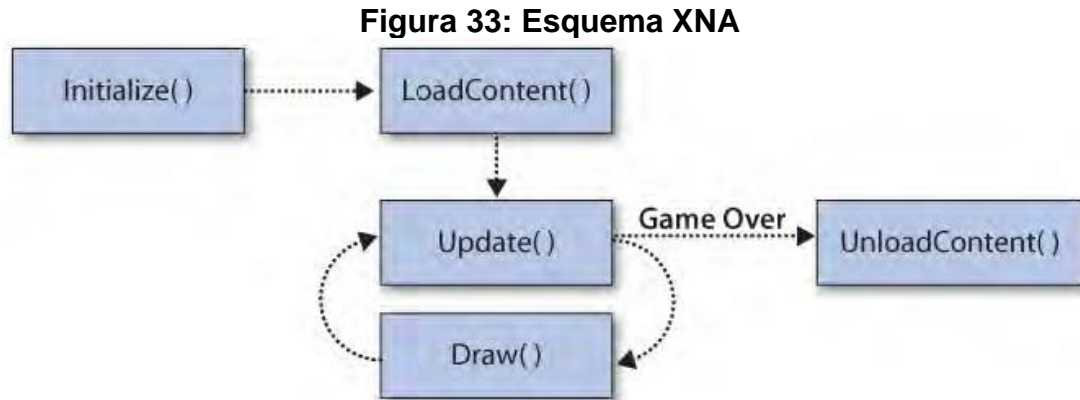
Initialize: Es donde se inicializa toda lógica o cualquier recurso no gráfico.

LoadContent: Es llamado cuando los recursos gráficos necesitan ser cargados.

UnloadContent: Es llamado cuando los recursos gráficos necesitan ser liberados.

Draw: Método que dibujará las geometrías, y otras cosas más en pantalla.

Funcionamiento de los métodos:



Tomado de (32)

El funcionamiento de los métodos es sencillo una vez ejecutado el juego se inicializa() luego se realiza LoadContent() para posteriormente empezar un bucle entre los métodos Update() y Draw(), una vez acabado el juego se realiza una vez el método Unload Content Para descargar todo el contenido.

3.6.3 GoblinXNA

Goblin XNA es un proyecto desarrollado en la Universidad de Columbia por Ohan Oda y Steven Feiner la mejor manera de definirlo sería como ellos lo hacen donde exponen “Goblin XNA es una plataforma para la investigación en interfaces de usuario 3D, realidad aumentada y realidad virtual, con énfasis en los juegos. Está escrito en C # y basado en el Microsoft **XNA** plataforma. Tiene un énfasis hacia la funcionalidad básica de la interfaz de usuario 3D, aprovechando la funcionalidad existente de **DirectX** motores de juegos en 3D y entornos de desarrollo. La plataforma soporta actualmente la posición 6DOF (seis grados de libertad) y el seguimiento de la orientación utilizando marcador de seguimiento basado en la cámara a través con **OpenCV** o **DirectShow** e **InterSense** medidores híbridos. Física es apoyado a través **BulletX** y **Newton Game Dynamics** .la funciones de red son apoyado a través de la biblioteca de

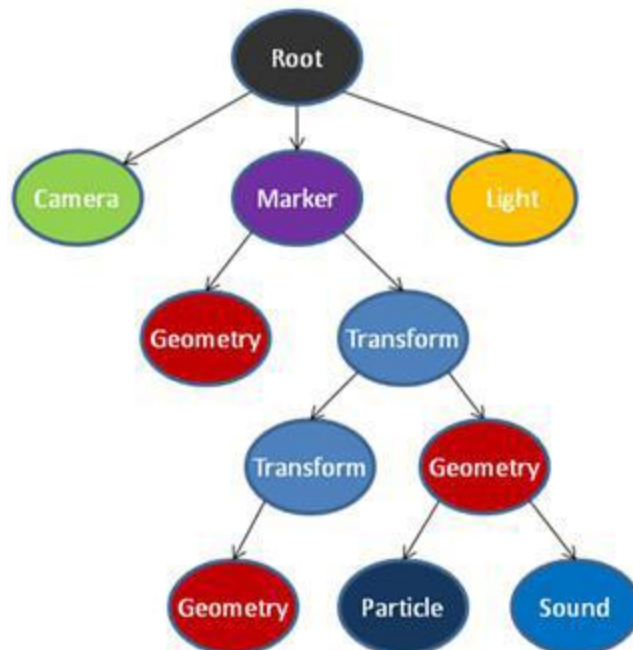
Lidgren. GoblinXNA también incluye un sistema de 2D GUI para permitir la creación de componentes de interacción clásicos en 2D.”

Dentro de las principales características se encuentra que es código abierto para aplicaciones no comerciales además de contar numerosas clases que pueden agilizar la creación proyectos.

GoblinXNA toma forma de jerarquía de escena muy similar a la que **OpenSG** (<http://www.opensg.org/>). El Escenario Gráfico se conforma por nodos que forman un árbol de jerarquía de forma n-árbol. Esta se crea entre padres e hijos para cada nodo. Cada nodo sólo tiene un padre ver figura 12.

La razón por la cual se trabajo con goblin xna es principal mente por sus características modulares las cuales permite acceder a una serie herramientas como motores físicos, nodos de tracking, nodos de iluminación, nodos de cámara, transformaciones, geometría entre otros aspectos más (ver anexos). Aparte de contar con clases que permiten acceso a una serie de dispositivos como gamepad, cámaras , HMD como el Vuzix 920 Para obtener información de sus sensores(tracker) y controlar sus dispositivos de salida(pantallas ,audífonos ,etc).

Figura 34: Diagrama de Funcionamiento de Goblin XNA



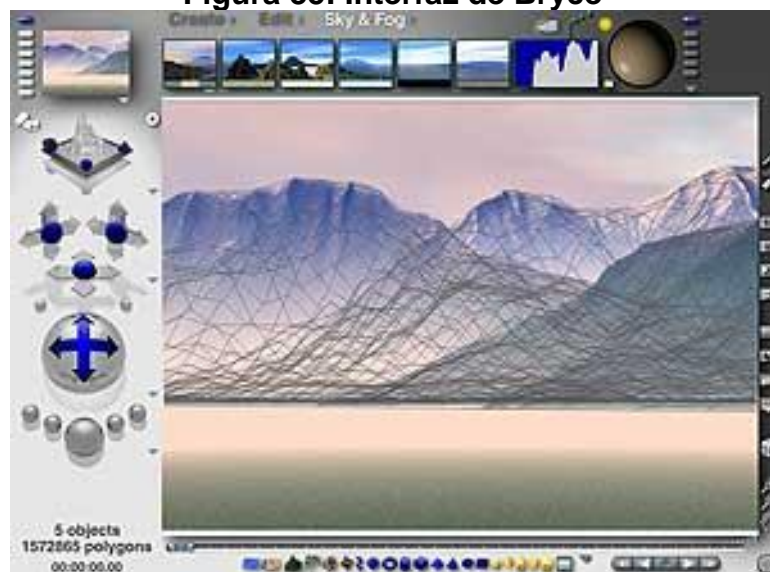
3.6.4 Bryce

Bryce es un software que permite crear modelados en 3D, renderizar y animar, tiene una característica que lo diferencia de otros programas 3D y es que en él se pueden crear paisajes que imitan la apariencia de los terrenos naturales de la realidad, para hacer esto el programa utiliza un algoritmo que produce una superficie la cual se comporta como un fractal, es por ello que Bryce es reconocido por especializarse en la creación de paisajes fractales.

Este tipo de modelado fue experimentado por primera vez por un polaco y francés matemático Benoit B. Mandelbrot quien fue reconocido por una “teoría de la rugosidad en la naturaleza”.

Bajo las investigaciones realizadas por Benoit se puede observar como cualquier superficie que se encuentre dentro de un espacio tridimensional tiene una dimensión topológica y por lo tanto a un espacio tridimensional así sea virtual le aplica esta misma regla, así como lo confirma “cualquier enfoque real para paisajes de modelado requiere la capacidad de modular el comportamiento espacial fractalmente”.

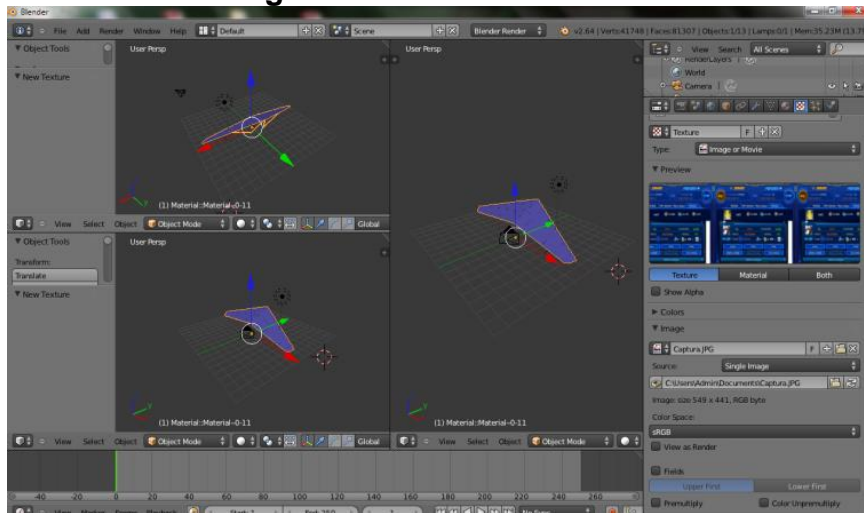
Figura 35: Interfaz de Bryce



3.6.5 Blender

Blender es un programa dedicado a crear gráficos tridimensionales, tiene la ventaja de que es multiplataforma, lo cual quiere decir que se puede trabajar en diferentes sistemas operativos, sin inconvenientes.

Figura 36: Interfaz Blender



3.7 INTEGRACIÓN DE TODOS LOS COMPONENTES

Durante el desarrollo del proyecto se eligieron las mejores opciones de los diseños dando como resultado un entorno virtual de 127 elementos conformados por montañas, cielos y la cometa de ala delta manipulada por la posición del usuario en tiempo además del direccionamiento de vista manipulado por la dirección de vista del usuario .

Además de una estructura de ventiladores soportada sobre una mesa para lograr una no obstrucción de los sensores de posición para los usuarios.

Figura 37: Prueba del Sistema



En el desarrollo del proyecto se encontraron con varios inconvenientes como:

- Errores por rastrear un esqueleto nulo.
- No acceder de manera adecuada a los datos proporcionados por el Kinect.
- No acceder de manera acertada a los datos recibidos por el tracker de las gafas.
- Un mal cálculo de la corriente necesaria para los nueve ventiladores.
- Mala visualización de las montañas por estar invertidas en su eje.
- Diseño d entornos virtuales pequeños que no facilitarían el vuelo de la cometa de la delta durante mayor tiempo.

Tras investigar y probar dichas consultas se lograron solucionar dichos problemas corrigiendo el código fuente para esto, pero el mayor problema que se presentó fue un retardo de 3 segundos en la ejecución del programa ya que debía realizar estudio de físicas (cálculo de propiedades físicas y modelos de colisión) a los 127 elementos del sistema además de recibir las frames del Kinect en las mejores calidades.

Frente a esto se afrontaban dos soluciones las cuales eran:

- Reestructurara el programa por hilos desde el principio.
- Re definir los aspectos importantes y eliminar el resto, por esto se decidió eliminar el cálculo de físicas de los 127 elementos del sistema como lo era el peso la gravedad y la aceleración, eliminar las frames de color del Kinect reducir la calidad de la cámara de profundidad entre otras.

Gracias a estos arreglos el retardo de 3segundos desapareció y el rendimiento del programa mejoro bastante.

4 EXPERIMENTACION

Para poder medir la experiencia con respecto al uso del simulador se necesita precisar de las variables adecuadas para lo cual se propone realizar una serie de preguntas a los usuarios después de utilizar el simulador ya que sus opiniones al respecto serán recientes.

Para las preguntas que se deberán realizar se pedirá que evalúen de 1 como lo malo y 10 lo bueno respecto a:

- Realismo
- Sensaciones generadas
- Y seguridad durante el uso

Realismo: el sistema le permite sentir que está volando en una cometa de ala delta.

Sensaciones generadas: qué tipo de sensaciones le genero el sistema (mareo incomformidad, se sitio seguro, le gusto o no).

Seguridad durante el uso: sitio que su seguridad peligrará en algún momento durante la prueba.

4.1 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Como ya se había definido el procedimiento experimental el simulador será utilizado por cinco personas las cuales darán su opinión acerca de este en tres aspectos:

- Realismo:
- Sensaciones generadas
- Y seguridad durante el uso

Para lo anterior se propuesto un protocolo que se compone de una serie de movimientos los cuales el usuario realizara para poder observar las características del simulador divididos en tres partes que estudiara el tracking de la dirección de vista del usuario, la posición del usuario y por último el rastreo de las anteriores al mismo tiempo.

Como primera medida el usuario deberá estar sentado frente al sistema de

ventiladores integrados con el kinect a una distancia de 60 a 80 cm. seguir las siguientes recomendaciones:

- Girar su cabeza horizontalmente para probar el rastreo de yaw seguido a esto girara la cabeza verticalmente para el rastreo de pitch y por último girara la cabeza sobre su propio eje para el roll.
- Continuando el usuario deberá tener la vista al frente y realizar los siguientes movimientos: inclinar el torso sin mover la cabeza hacia la derecha cabeza, luego inclinarse hacia la izquierda siguiendo las recomendaciones anteriores una vez hecho esto el usuario se inclinara hacia el frente y por ultimo hacia atrás, con el fin de experimentar los movimientos con los cuales se controla la cometa tipo ala delta.
- Para finalizar el usuario exploraría el ambiente virtual realizando los movimientos anteriormente realizados e integrándolos por ejemplo inclinar el tronco hacia la derecha y dirigir su vista hacia la izquierda con un tiempo mínimo de 5 minutos.

Las siguientes figuras de la 38, 39, 40 y 41 son pruebas realizadas.

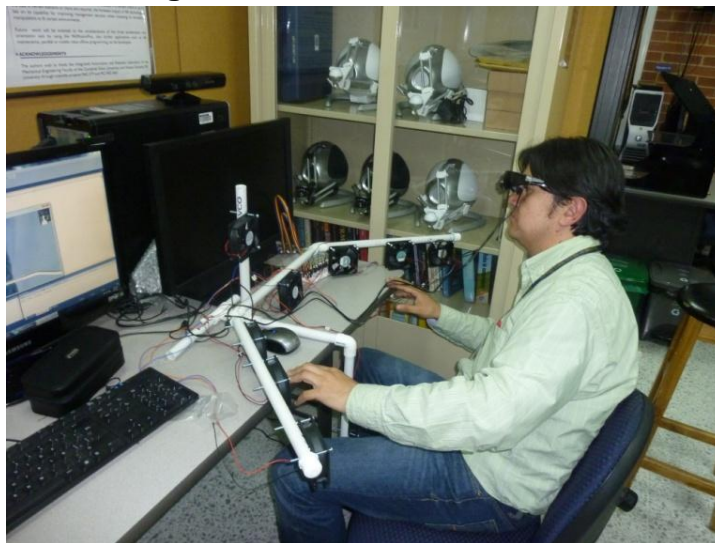
Figura 38: Prueba del Sistema



Figura 39: Prueba del Sistema



Figura 40: Prueba del Sistema



Después de realizar la encuesta los resultados fueron:

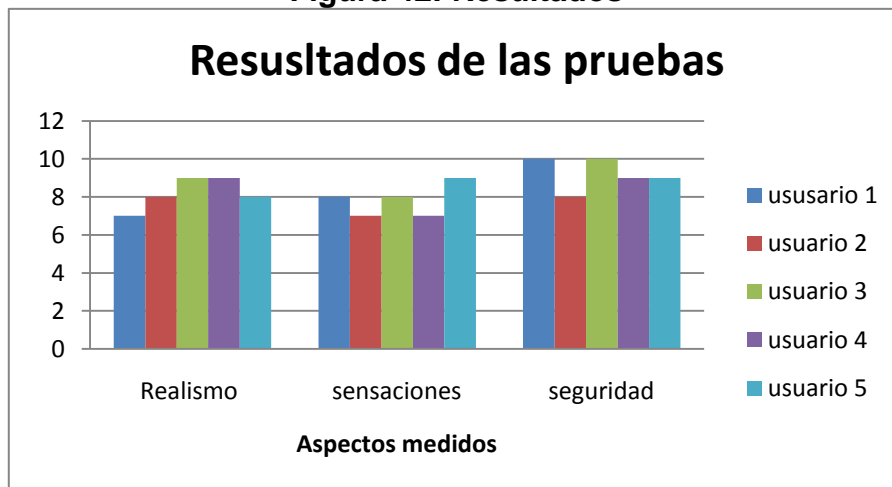
Tabla 5: Resultados

usuario	Realismo	sensaciones	seguridad
1	7	8	10
2	8	7	8
3	9	8	10
4	9	7	9
5	8	9	9

Figura 41: Prueba del Sistema

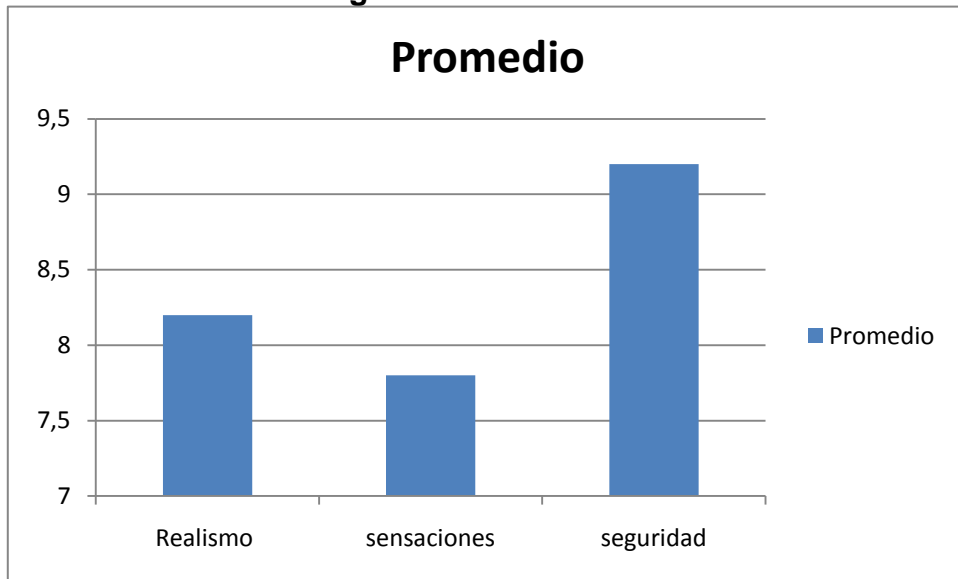


Figura 42: Resultados



Al realizar un análisis se ve claramente en las figuras 42 y 43 que el mejor indicador es el de seguridad seguida por el de realismo y por último el de sensaciones al pregunta por qué le daban esta calificación a las sensación ellos respondieron diferentes cosas como molestia al ver las pantallas por lo que se concluye que el HMD en principio es molesto al ver dos imágenes una para cada ojo pero al cabo de un rato si el usuario sigue utilizando el dispositivo logra observar en 3d el mundo virtual gracias a la visión paralela.

Figura 43: Resultados



5 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES

Al determinar las características necesarias del sistema se pueden generalizar algunas de estas para aplicar a otros simuladores como son las entradas básicas de dirección y posición necesarias para desplazarse dentro de cualquier entorno y lograr un punto de vista deseado sin importar que aspecto climáticos tenga en todas las veces el usuario siempre deberá entender su localización y dirección dentro del mundo virtual.

En el mundo las soluciones sencillas por lo general son las mejores, ya que evitan dinero o tiempo de sobra en su realización como se puede observar en este proyecto la estructura mecánica es de PVC, un material se puede adquirir en cualquier ferretería además los ventiladores son muy comunes en cualquier tienda de computadores o electrónica siendo fácil su obtención y manipulación. De esta forma logramos ahorrarnos trabajos de mas y costos sobre valorados.

Se evidencio las capacidades de XNA como herramienta útil para la realidad virtual y la elaboración de videojuegos ya que facilita herramientas y formas de acelerar la creación de un entorno virtual.

Aun mejor el GoblinXNA logra utilizar dichas herramientas y sacarles el mejor provecho logrando a si la simplificación de la dificultad a la hora de su implementación.

En la implementación del sistema encargado de lograr la sinergia entre el mundo real y el virtual se logro utilizar los conocimientos adquiridos durante la carrera para lograr una buena dinámica entre el mundo real y el mundo virtual.

En general las personas que utilizaron el simulado se sintieron a gusto pese a las molestias que experimentaron al principio por la visión paralela del HMD y muchos afirmaron que lo volverían a utilizar.

En el presente trabajo se elaboro un simulador de vuelo de una cometa con herramientas diferentes en su naturaleza, pero que cumplieron un fin, al igual que un objeto no son la suma de sus partes la realidad virtual es una sinergia de muchos aspectos, elementos, ciencias y conocimientos que juntos logran hacer creer lo imposible, inimaginable e irreal a los usuarios

que se atreven a explorar este campo. Tal vez en un futuro todo sea simulado y ayudado con realidad virtual es por eso que todas las personas deberían empaparse más con este tema que es tan apasionante y cautivador.

5.2 TRABAJOS FUTUROS

El sistema construido en este proyecto se diseñó de forma que pudiera ser adherido por otros simuladores por lo que seguir trabajando en este podría dar grandes resultados si se lograra mejorar los siguientes aspectos.

- Para poder seguir desarrollando a cabalidad el simulador de cometa de ala delta se puede construir un sistema mecánico que simule los movimientos de una cometa de ala delta adentrando más al usuario y al tiempo sustituyendo el Kinect como sensor medidor de la dirección y localización de la cometa para que no haya interferencia con el sistema de respuesta háptica.
- Lograr optimizar el código elaborándolo por hilos para que se pueden simular todas las características físicas del sistema logrando así una mejor respuesta háptica.
- Emplear el sistema mecánico utilizando para la respuesta háptica y mejorándolo ubicando un mayor número de ventiladores en 360 de usuario para optimizar la experiencia háptica

GLOSARIO

Ángulos De Navegación:

Los tres ángulos de navegación son la dirección (heading o yaw), elevación (pitch) y ángulo de alabeo (roll) en otras palabras el Cabeceo es una inclinación del morro del avión, o rotación respecto al eje ala-ala, el Alabeo es la rotación respecto de un eje morro-cola del avión, la Guiñada es rotación intrínseca alrededor del eje vertical perpendicular al avión.

Háptica:

Todo el conjunto de sensaciones no visuales y no auditivas que experimenta un individuo este concepto se profundiza en la sección 2.2.3.

Head Mounted Display (HMD):

\ HMD es un dispositivo de visualización que permite ver imágenes o videos creados por computador. El HMD recibe el nombre de monitor virtual de retina.

Realidad virtual:

Es una interfaz usuario-computador de alto nivel que involucra simulación en tiempo real y el uso de diferentes canales sensoriales este concepto se profundiza en la sección 2.2.2.

Software development kit (SDK)

SDK como su nombre lo indica, es un conjunto de herramientas para desarrollar software, necesario para realizar aplicaciones, como por ejemplo una aplicación para el iPhone se necesita tener el SDK de IOs.

Tracking

Seguimiento de la navegación (dirección y posición) de un usuario al que se le ha marcado con una cookie o esta siendo medido con un dispositivo especializado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Diccionario de fobias. [En línea] 01 de 01 de 2012. [Citado el: 01 de 06 de 2012.] <http://www.fobias.net/>.
2. publico.es. *Realidad virtual para curar el miedo*. [En línea] DISPLAY CONNECTORS, SL, 20 de 02 de 2011. [Citado el: 02 de 06 de 2012.] <http://www.publico.es/362276/realidad-virtual-para-curar-el-miedo>.
3. **OTADUY, Miguel**. Haptic Rendering. *Haptic Rendering*. USA : Sales, 2008.
4. *Los Ambientes Virtuales Inteligentes como estrategia*. **Aularv, Yelitz Marcano y Pereira, Rosalba Talavera**. 2, Universidad del Zulia : Multiciencias, 2006, Vol. 6. 135-140.
5. **wythepeng**. Chancadoras de fabricante. *Aplicación de la tecnología de realidad virtual en la minería, ingeniería de sistema del curso*. [En línea] Chancadoras de fabricante, 18 de Marzo de 2013. [Citado el: 02 de Abril de 2013.] <http://www.chancadora.biz/aplicacion-de-la-tecnologia-de-realidad-virtual-en-la-mineria-ingenieria-de-sistema-del-curso/>.
6. **imadgalpf**. *La experiencia del espacio de juego de realidad virtual 'de entretenimiento envolvente digita*. DigInfo TV - Digital Entertainment, 2011.
7. **Kira, Dolce**. REALIDAD VIRTUAL. ¿VIVIMOS EN UNA SOCIEDAD CADA VEZ MÁS VIRTUAL? [En línea] 15 de Diciembre de 2008. [Citado el: 02 de Abril de 2013.] <http://realidadvirtual6050sxxi.blogspot.com/>.
8. **Casey Larijani, L**. *Realidad virtual*. Madrid : McGraw-Hill Interamericana, 1994.
9. *Mechatronic Prototype for Rigid Endoscopy Simulation*. **Pérez-Gutiérrez, B., Ariza-Zambrano, C. and Hernández, J. C.** 1, Springer Berlin / Heidelberg : Virtual and Mixed Reality, 2011, Vol. 1. 30-36..
10. *Educación y tecnologías telemáticas*. **Echevarría, Javier**. ISSN-e 1022-6508, Madrid : Revista Iberoamericana de educación, 2000, Vol. 24.

11. **Botella, C. , Baños, R. , Perpiñá, C., Villa, H., Osma, J. Crespo, E.** psiquiatria. *El diseño de escenarios clínicamente significativos para el tratamiento de la fobia a volar.* [En línea] 15 de Marzo de 2000. [Citado el: 03 de Abril de 2013.] http://www.psiquiatria.com/congreso_old/mesas/mesa55/conferencias/55_ci_b.htm.
12. *INTEGRACIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS EN LA EDUCACIÓN A DISTANCIA.* **Castro, M.,Martínez, C.,López, E.** Barcelona : Memorias Virtual Educa, 2010, Vol. 10.
13. **Lee, Alfred T.** *Flight Simulation: Virtual Environments In Aviation.* Burlington : ASHGATE, 2005.
14. **ePsicología.eu.** ePsicología.eu. *Lanzan una plataforma de realidad virtual para tratar fobias.* [En línea] 23 de 04 de 2012. [Citado el: 02 de 06 de 2012.] <http://www.epsicologia.eu/blog/?p=566>.
15. University of Applied Sciences Wuerzburg. [En línea] [Citado el: 09 de 06 de 2012.] <http://www.fhws.de/>.
16. **Wu Jianhua, Jia Haihong, Jin Jianguo, Zhao Xin, Chen Guanglai.** Engineering Training Center. *Research and Design of Navigation Simulator Dome.* Tianjin University of Technology : ieee, 2009. 978-1-4244-4131.
17. **Cardin, S., Thalman, D., Vexo, F.** Head Mounted Wind. *Proc. Of Computer Animation and Social Agents.* s.l. : CASA2007, 2007.
18. **Anke Lehmann, Christian Geiger, Björn Wöldecke1 Jörg Stöcklein.** Design and Evaluation of 3D Content with Wind Output. *paper.* Lousiana : University of Applied Science Düsseldorf, University Paderborn, 2009.
19. **Sandip Kulkarni, Charles Fisher, Eric Pardyjak, Mark Minor and John Hollerbach.** Wind Display Device for Locomotion Interface in a Virtual Environment. *Third Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces.* Salt Lake City : University of Utah, 2009. Vol. 3.
20. **Sandip D. Kulkarni, Mark A. Minor, Mark W. Deaver, Eric R. Pardyjak and John M. Hollerbach.** Steady Headwind Display with. *IEEE International Conference on.* Pasadena : IEEE, 2008.
21. **Castañares, W.** Realidad virtual, mimesis y simulación. Cuadernos De Información y Comunicación,. Santiago : Universidad Catolica, 2011.

22. **Díaz, Christian.** Simulador de Cirugías mínimamente invasivas. *Realidad virtual para simuladores quirúrgicos mas flexibles y económicos*. [En línea] universidad EAFIT, 2009. <http://arcadia.eafit.edu.co/html/simulador.html>.
23. **Trefftz, Helmuth.** Telepresencia. *Herramienta colaborativa como apoyo a la educación superior*. [En línea] Universidad EAFIT, 2009. <http://arcadia.eafit.edu.co/html/telepresencia.html>.
24. **Pérez-Gutiérrez, B., Ariza-Zambrano, C. and Hernández, J. C.** Mechatronic Prototype for Rigid Endoscopy Simulation. *Virtual and Mixed Reality*. Heidelberg, : Shumaker, R., ed., 2011.
25. **SOLÍS, E., TORRES, J., JIMÉNEZ, S., AVILÉS, O., AMAYA, D., DELGADO, J.** Dispositivo Háptico de Posicionamiento en un Espacio 3D dirigido a aplicaciones de n. V *Seminario Internacional de Ingeniería Biomédica*. bogota : Universidad Militar Nueva Granada, 2009.
26. **wikipedia.** hang gliding. [En línea] wikipedia, 24 de Abril de 2013. [Citado el: 24 de Abril de 24.] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Hang_gliding_hyner.jpg.
27. **Australia, Hang Gliding Federation of.** Learning to Hang Glide. [En línea] HGFA, Junio de 2009. <http://www.hgfa.asn.au/main.php>.
28. **Fargher, Colin.** Control basic hang glider control Movements. *Elementary Pilot Trainig Guide*. Leicester : The British Hang Gliding and Paragliding Association's Flying and Safety Committee, 2010. Vol. 2.48.
29. **Peña, Pierre.** TEORÍA DE SIMULADORES. CORDOBA : Universidad de Córdoba, Colombia, 2011.
30. **Cardozo, Hugo Javier.** Realidad Virtual,. TAI : UC, 2004.
31. **OTADUY, Miguel.** *Haptic Rendering*. USA : 1, 2008. 1.
32. **Barab, S., & Dede, C.** Games and Immersive Participatory Simulations for Science Education: An Emerging Type of Curricula. s.l. : Journal of Science Education and Technology, 2007. Vol. 16, 1-3.
33. **Walker, Charlotte.** Vuzix to Begin Volume Deliveries for Air Force Battlefield Airman Head Mounted Display Program. *ca.finance.yahoo*. [En línea] Vuzix Corporation, 08 de Febrero de 2011. [Citado el: 26 de 09 de

2011.] <http://ca.finance.yahoo.com/news/Vuzix-Begin-Volume-Deliveries-marketwire-4136225238.html?x=0&.v=1>.

34. Wrap Tracker 6TC. <http://www.vuzix.com/>. [En línea] Cables & Accessories, 2012. <http://www.vuzix.com/consumer/products-cables-accessories.html#accessories>.

35. **developer.vuzix**. Vuzix M100 SDK Comparison. *Vuzix M100 SDK, Silver*. [En línea] 2012. <http://developer.vuzix.com/m100-getsdk.html#overview>.

36. **Leandro Cruz, Djalma Lucio, Luiz Velho**. Kinect and RGBD Images: Challenges and. *2012 XXV SIBGRABI*. Rio de Janeiro : IMPA, 2012.

37. cafeaguau. *Que es Kinect, como y por que funciona*. [En línea] 18 de junio de 2010. [Citado el: 23 de Abril de 2013.] <http://cafeaguau.com/2010/06/18/que-es-kinect-como-y-por-que-funciona/>.

38. Kinect for Windows SDK beta vs. OpenNI. *labs.vectorform*. [En línea] labs.vectorform, 20 de Junio de 2011. [Citado el: 25 de Abril de 2013.] <http://labs.vectorform.com/2011/06/windows-kinect-sdk-vs-openni-2/>.

39. **Say, vinay**. <http://www.arduino.cc/>. <http://www.arduino.cc/>. [En línea] 2011. <http://www.arduino.cc/>.

40. **Spottiswoode, M. V. Cook and M.** Modelling the flight dynamics. *Modelling the flight dynamics*. Bedfordshire : Department of Aerospace Sciences School of Engineering Cranfield University, 2006.