

64



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA LA CREACION DE AMBIENTES VIRTUALES

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO EN COMPUTACION**  
P R E S E N T A N :  
**LIZBETH ALEJANDRA MOHZO SANCHEZ**  
**JOSE SALVADOR RENTERIA IBARRA**



DIRECTOR DE TESIS: M.I. MARCO ANTONIO MORALES AGUIRRE

CD. UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

287236  
2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mis papás Tere y Víctor*

*Por todo su apoyo, comprensión y amor depositado en mí,  
Por enseñarme a alcanzar mis metas y nunca claudicar  
A ustedes que son mi ejemplo a seguir y lo más importante en mi vida  
Y por quienes hoy, soy lo que soy*

*A mis hermanos Viridiana y Víctor*

*A ustedes quienes más que mis hermanos, son mis amigos,  
Por ser la fuerza que me impulsa a ser cada vez mejor  
Y a quienes siempre adoraré.*

*A mis abuelitas Licha y Judith*

*Por su apoyo incondicional  
Y por todo el cariño que siempre me han demostrado.*

*A Mariano*

*Por todo lo que significas en mi vida,  
Por alegrar mi alma,  
Por enseñarme a soñar, a creer en mí misma,  
A ti, que eres pilar en mi camino  
Y porque sé que siempre estarás afuera y que siempre seguiremos juntos.*

*A Edith y Salvador*

*Por haberlos encontrado  
Por su apoyo sin límites  
Por siempre escucharme, ayudarme y soportarme.*

*A todos mis amigos  
Por preocuparse por mí.*

*Los quiere  
Liz*

*A mis Padres Juan Carlos Y Alicia*

*Por todo su amor y apoyo,  
Porque finalmente todo lo que soy, lo soy gracias a ustedes  
Y porque el amor que siento por ustedes es inmenso*

*A Juan Y Mauri*

*Por ser los mejores amigos que un hermano puede tener,  
Por apoyarme en todo momento y por ser mi motivación para seguir adelante .  
Los quiero mucho.*

*A mis Abuelos*

*Por darme todo su cariño y porque simplemente son parte muy importante de mí.*

*A Mis Tíos y Primos*

*Porque he crecido con ustedes y me han enseñado que lo más importante en la vida  
es ser feliz y estar unidos.*

*A Liz, Edith, Norman, Pinky, Lorena y Luis Manuel*

*Porque sin tener la necesidad, me han brindado lo más valioso que yo pueda anhelar  
en un amigo: su apoyo incondicional y su corazón, sin ustedes durante todo este  
tiempo yo no sería lo que soy. Los quiero mucho*

*A Humberto Villaseñor*

*Quien siempre ha dado esa gota de sabiduría e inteligencia a mi vida en el momento más  
oportuno.*

*A todos los amigos que me han apoyado en cierta etapa de mi vida y que se  
preocupan por mí.*

*Gracias Totales  
Chava*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México*

*Por permitirnos crecer en todos los aspectos, por hacernos parte de esa comunidad de universitarios libres y pensantes. Por haber forjado nuestro pensamiento con principios e ideales que forman parte ya de los nuestros. Por ayudarnos a entender que el ser universitario implica un compromiso con México y que es parte de nuestra vida diaria.*

*Por mi raza hablará el espíritu*

*A la Facultad de Ingeniería*

*Por ser nuestra casa en la que no sólo maduramos académicamente, sino intelectualmente. Por habernos adoptado y aceptado para formar parte de la historia de tan legendaria institución y por realzar el compromiso que un ingeniero tiene con la sociedad. Por brindarnos el conocimiento necesario para poder trascender como profesionales y hacer notar la grandeza de esta Facultad.*

*A M.I. Marco Antonio Morales Aguirre*

*Por tu disposición, por haber confiado en nosotros, por habernos guiado, por cada idea aportada que resultó en otra más de tus genialidades y por habernos aclarado el camino.*

*Gracias  
Lizbeth y Salvador*

---

# INDICE

Introducción .....	1
Capítulo 1 Panorama General de la Realidad Virtual .....	4
1.1 Historia de la Realidad Virtual .....	4
1.2 Definición de la Realidad Virtual .....	5
1.3 Hardware	
1.3.1 HMD .....	6
1.3.2 HMD para Realidad Aumentada .....	7
1.3.3 Guantes .....	8
1.3.4 Rastreadores .....	9
1.4 Software	
1.4.1 Modelado de Mundos Virtuales.....	10
1.4.2 Herramientas de Modelado.....	13
1.5 Aplicaciones .....	15
1.6 Sistemas Virtuales	
1.6.1 Modelado del Mundo .....	19
1.6.2 Equipo de Cómputo.....	23
1.6.3 Esquemas de Inmersión .....	24
Capítulo 2 Metodologías para la creación de ambientes virtuales	
2.1 Metodología para la creación de ambientes virtuales del HITL, Washington University	
2.1.1 Planeación.....	29
2.1.2 Construcción.....	33
2.1.3 Programación .....	37
2.1.4 Experiencia en el ambiente terminado .....	38
2.1.5 Conclusiones .....	38
2.1.6 Pros.....	38
2.1.7 Contras.....	39
2.2 Mudando el Museo a Internet: El uso de Ambientes Virtuales para la educación del Antiguo Egipto	
2.2.1 Identificación de Objetivos .....	42

---

---

2.2.2	Análisis de los Candidatos al proyecto, Elección del Tema y Recopilación de la información .....	42
2.2.3	Diseño y Desarrollo del Ambiente Virtual .....	42
2.2.4	Valoración del Proyecto .....	44
2.2.5	Conclusiones .....	45
2.2.6	Pros .....	45
2.2.7	Contras .....	46
2.3	Proyecto de Kahun	
2.3.1	Desarrollo de una fotografía rica referente al área de estudio .....	47
2.3.2	Propuesta de recursos para el ambiente virtual .....	48
2.3.4	Desarrollo y evaluación de prototipos con usuarios .....	48
2.3.5	Conclusiones .....	49
2.3.6	Pros .....	49
2.3.7	Contras .....	50
2.4	Virtudes y Limitaciones encontradas en las metodologías estudiadas	
2.4.1	Virtudes .....	51
2.4.2	Limitaciones .....	51
Capítulo 3 Propuesta de la Metodología		
3.1	Alcances de la Metodología propuesta .....	55
3.2	Planeación	
3.2.1	Diagrama de Tiempos .....	58
3.2.2	Tabla de asignación de recursos .....	59
3.2.3	Métricas del Proyecto .....	59
3.2.4	Integración del Equipo de Desarrollo .....	61
3.3	Análisis	
3.3.1	Levantamiento de Requerimientos .....	63
3.3.2	Modelado del Análisis .....	68
3.3.3	Documento de Análisis de Requerimientos .....	74
3.4	Diseño	
3.4.1	Diseño del Sistema .....	76
3.4.2	Documento del Diseño del Sistema .....	78
3.4.3	Diseño del Mundo .....	78
3.4.4	Documento del Diseño del Mundo .....	84

---

---

3.5 Desarrollo .....	85
3.6 Pruebas	
3.6.1 Inspección de Componentes .....	86
3.6.2 Pruebas de Unidad .....	87
3.6.3 Pruebas de Integración .....	87
3.6.4 Prueba del Sistema .....	88
3.6.5 Documentación de las Pruebas .....	89
Capítulo 4 Aplicación de la metodología	
4.1 Planeación .....	90
4.2 Análisis	
4.2.1 Documento de Análisis de Requerimientos .....	92
4.3 Diseño	
4.3.1 Documento del Diseño del Sistema .....	104
4.3.2 Documento del Diseño del Mundo .....	105
4.4 Pruebas	
4.4.1 Documento de Pruebas .....	136
Capítulo 5 Conclusiones .....	139
Glosario .....	141
Apéndice I Notación UML .....	145
Apéndice II Conceptos de Graficación por Computadora .....	148
Bibliografía .....	153

---



---

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 HMD.....	7
Figura 1.2 Diagrama conceptual del HMD para la realidad aumentada .....	8
Figura 1.3 Guante .....	9
Figura 3.1 Diagrama de Fases.....	58
Figura 3.2 Diagrama de Tiempos .....	58
Figura 3.3 Diagrama Caso de Uso para simbolizar la relación entre un caso de uso y un actor .....	66
Figura 3.4 Diagrama de Caso de Uso para simbolizar la relación entre dos casos de uso.....	66
Figura 3.5 Representación de los Objetos .....	69
Figura 3.6 Diagrama de Secuencia .....	70
Figura 3.7 Diagrama de Objetos .....	71
Figura 3.8 Diagrama de Estados.....	73
Figura 3.9 Pirámide de Capas del Diseño de Objetos .....	79
Figura 3.10 Diagrama de Actividades.....	81
Figura 4.1 Diagrama de Actividades del Ambiente.....	95
Figura 4.2 Diagrama del Caso de Uso Fachada Virtual.....	97
Figura 4.3 Diagrama del Caso de Uso Estancia Virtual.....	97
Figura 4.4 Diagrama del Caso de Uso Pasillo Virtual .....	97
Figura 4.5 Diagrama del Caso de Uso Fachada Virtual.....	97
Figura 4.6 Diagrama de Objetos .....	101
Figura 4.7 Diagrama de Actividades Televisión.....	102
Figura 4.8 Diagrama de Actividades Lámparas.....	102
Figura 4.9 Diagrama de Actividades Puertas .....	103
Figura 4.10 Diagrama de Actividades Timbre.....	103
Figura 4.11 Diagrama de Actividades Teléfono.....	103
Figura 4.12 Diagrama de Secuencia .....	103
Figura I.1 Diagrama de Caso de Uso .....	146
Figura I.2 Diagrama de Objetos .....	146

---

---

Figura I.3 Diagrama de Secuencia .....	147
Figura I.4 Diagrama de Actividad .....	147
Figura II.1 Traslación de un punto en 3D .....	149
Figura II.2 Rotación sobre el eje x de un punto 3D.....	150
Figura II.3 Rotación sobre el eje y de un punto 3D.....	151
Figura II.4 Rotación sobre el eje z de un punto 3D.....	152

---

---

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Características de VRML.....	12
Tabla 2.1 Forma de Valoración de Tema/Concepto .....	30
Tabla 2.2 Formas de Identificación de Metas de Aprendizaje.....	30
Tabla 2.3 Forma de Herramientas de Valoración basadas en Contenido.....	30
Tabla 2.4 Diagrama de Tiempos .....	31
Tabla 2.5 Matriz de Responsabilidades.....	32
Tabla 2.6 Matriz de Objetos .....	32
Tabla 2.7 Tabla de Características Conductuales .....	33
Tabla 2.8 Matriz de Conductas.....	33
Tabla 3.1 Tabla de Asignación de Recursos .....	59
Tabla 3.2 Plantilla para la documentación de escenarios .....	64
Tabla 3.3 Plantilla para la documentación de caso de uso .....	65
Tabla 3.4 Plantilla de objetos .....	70
Tabla 3.5 Plantilla para la documentación de atributos .....	72
Tabla 3.6 Matriz de relaciones entre objetos.....	81
Tabla 3.7 Matriz de conductas y eventos .....	81
Tabla 4.1 Tabla de Asignación de Recursos .....	91

---

# INTRODUCCION

## ANTECEDENTES

Actualmente la computación ha adquirido un lugar importante en la vida cotidiana, razón por la cual muchas tecnologías se encuentran desarrollándose, tal es el caso de la Realidad Virtual que aunque originalmente tuvo fines de investigación y bélicos, en nuestros días ha alcanzado un auge en cualquier rama de estudio. Debido a esto, los desarrolladores han considerado esta nueva tecnología como una forma de materializar sistemas que anteriormente eran imposibles de implementar.

Como consecuencia del auge de la Realidad Virtual, surge la necesidad de crear un método formal que sirva de guía para la realización de proyectos en ambientes virtuales.

Los entornos virtuales podrían ser de uso común en un futuro por lo tanto, el tamaño de éstos requiere una construcción bien planificada.

Por lo anterior, destaca la importancia de una metodología ampliamente aceptada que elimine la aparente improvisación al desarrollar entornos virtuales, contribuyendo a mejorar la creación de dichos entornos.

En la Facultad de Ingeniería de la UNAM, específicamente en el Laboratorio de Interfaces Inteligentes donde se realizan trabajos en dicha área, no se cuenta con una metodología formal que permita una eficiente realización de proyectos.

## OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo de tesis es proponer una metodología que se pueda utilizar para la creación de ambientes virtuales y que le ofrezca al Laboratorio de Interfaces Inteligentes una metodología formal, haciendo uso de los mejores criterios considerados a nuestro juicio permitiendo elaborar un entorno de realidad Virtual.

**RECURSOS**

Los recursos con los que se cuentan son la información en libros, revistas, artículos e Internet, metodologías de desarrollo orientado a objetos, personal capacitado en el área, computadoras personales, lenguajes de programación, tiempo de investigación y desarrollo y personal de pruebas.

**ALCANCES**

Este trabajo pretende proponer una metodología que sirva como base para la creación de ambientes virtuales de manera general, expresamente para el laboratorio de Interfaces Inteligentes. Este método no es definitivo sino que únicamente es una propuesta, por lo que se puede perfeccionar con el paso del tiempo y el uso frecuente de la misma.

El trabajo termina en la elaboración de la propuesta, todas las pruebas y modificaciones al presente se dejan a consideración de los desarrolladores de ambientes virtuales.

La metodología propuesta no sólo involucra al ramo ingenieril, sino que puede usar conocimientos de otras ramas como son la arquitectura y las artes plásticas.

Esta tesis es el resultado de la investigación documental en el área de Realidad Virtual y contribuye a una mejor comprensión de esta área y del proceso para generar la propuesta. Consta de cinco capítulos:

El primer capítulo, Panorama General de la Realidad Virtual, introduce al lector en el contexto del trabajo brindando los conceptos básicos necesarios para conocer las bases en las que se sustenta esta tesis.

El segundo capítulo, Metodologías para la Creación de Ambientes Virtuales, es el resultado de un trabajo de investigación que permitió el planteamiento de la metodología.

El tercer capítulo, Propuesta de la Metodología, representa el punto central de la tesis ya que explica la metodología a proponer.

El cuarto capítulo, Aplicación de la Metodología, es la prueba de la propuesta, que tiene como fin validar la funcionalidad de la misma.

El capítulo cinco, Conclusiones, abarca las impresiones acerca del desarrollo de la metodología propuesta y toda la investigación realizada.

## CAPITULO 1

# PANORAMA GENERAL DE LA REALIDAD VIRTUAL

### 1.1 HISTORIA DE LA REALIDAD VIRTUAL

El concepto de Realidad Virtual (VR) emerge después de un período considerable de investigación y desarrollo en laboratorios militares, industriales y académicos. Su origen se encuentra muy relacionado con las gráficas por computadora, los objetos tridimensionales, fibra óptica y displays.

Es en los años 80's cuando surgen los primeros entornos virtuales computarizados, cuando Jaron Lanier quiso distinguir entre las simulaciones tradicionales por computadora y los mundos que él estaba creando. Sin embargo, la simulación comienza alrededor de 1929.

Dentro de los pasos más importantes de la simulación, se encuentra el simulador de vuelo mecánico combinado con una presentación de video en los años de 1952, considerado como el año de nacimiento de la Realidad Virtual. En 1961 Ivan Sutherland construye el primer dispositivo estereoscópico controlado por computadora. En 1968, David Evans y el mismo Ivan Sutherland crean generadores electrónicos de imágenes para simuladores de vuelo, con lo que despiertan el interés del ejército de los Estados Unidos de Norte América, quienes invierten gran cantidad de dinero en la investigación de este proyecto que da como frutos dos años después, el primer dispositivo estereoscópico totalmente funcional y en operación.

A finales de la década de los setenta, se inicio una etapa fuerte para la aplicación y desarrollo de la realidad virtual, ya que la Fuerza Aérea de los E.U.A. en Dayton, Ohio, capacitó a sus pilotos dentro de la simulación de una aeronave, siendo capaces de probar situaciones de vuelo complicadas. En esos momentos se demostró que la simulación por computadora y la visualización asociada, eran fuentes de escenarios muy útiles para el entrenamiento.

Debido al gran interés que se despertó por las aplicaciones de la computadora en las simulaciones y la Marina de los E.U.A, en el M.I.T. se desarrolló un mecanismo de posicionamiento por medio de guantes de datos y computadoras. El laboratorio de Medios de la misma Universidad ha estado experimentando con reconocimiento de señales, voz y de ademanes desde hace algunos años, pero su proyecto llamado *"PUT THAT THERE"* es el impulsor y el centro de atención internacional con respecto a la tecnología virtual (este sistema aceptaba las palabras y la señalización como datos de entrada). Pero con el tiempo estos dispositivos de entrada pasaron a ser parte de los trabajos de investigación de la NASA.

Una de las primeras grandes aplicaciones que tuvo la realidad virtual en la NASA, fue el desarrollo de un sistema de flujo de combustible para el transbordador espacial, en el que los técnicos apreciaban y monitoreaban el empleo y almacenamiento del combustible.

Con el tiempo la tecnología se integró, se ofreció un solo ambiente, en el cual el usuario tenía el control sobre el mundo que lo rodeaba con el uso de ventanas y herramientas informáticas, tiempo más tarde se integró el uso de un casco y de un guante, con los cuales se creó un estado de inmersión, que permite al usuario vivir una experiencia lo más acercado a la realidad.

## **1.2 DEFINICION DE REALIDAD VIRTUAL**

La Realidad Virtual es una consecuencia del ritmo acelerado que ha tenido la computación en los últimos 60 años. Específicamente en el ramo de la graficación por computadora, en el afán por lograr un mayor sentido de realidad, se llegaron a desarrollar dispositivos y conceptos que rebasaban los objetivos de la graficación, pero que sin embargo establecían el parteaguas de una innovadora disciplina que permitiría obtener beneficios en todos los campos de la vida cotidiana.



La Realidad Virtual se puede definir como una técnica o conjunto de técnicas en las que los humanos pueden visualizar, manipular e interactuar con las computadoras e información extremadamente compleja<sup>1</sup>.

Existen algunos factores a considerar dentro de la Realidad Virtual. A continuación se enuncian dichos factores.

## 1.3 HARDWARE

Para poder crear un mundo virtual, se requiere de hardware y software que permitan introducir al usuario a dicho sistema, que proporcionen efectos auditivos (como sintetizadores, micrófonos, auriculares, casos de sonido), visuales (HMD, pantallas, proyectores, gafas, lentes) y táctiles (manipuladores, guantes, agujas, bolsas).

### 1.3.1 HMD

Dentro de la realidad virtual, la visión es una de las consideraciones más importantes debido a que complementa el efecto de inmersión dentro de un mundo virtual. El dispositivo que se utiliza es el Head Mounted Display (HMD), que es un casco que despliega las imágenes del ambiente virtual.

El objetivo de los HMD es proporcionar al usuario las imágenes que posee el ambiente virtual. Otro factor importante, es el proveer y transmitir la información de rastreo a la computadora. Por medio del rastreo, se transmite la posición de la cabeza (inclinación y rotación) del usuario del sistema virtual. El sistema lee esta información y cambia la vista desplegada en el HMD por la posición actual de la cabeza.

---

<sup>1</sup> Aukstakainis, Steve; Blatner, David. Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality. Peach Pit Press. 1992.

Existen dos métodos que permiten desplegar imágenes dentro de un HMD: las pantallas de tubos de rayos catódicos (CRT) y las pantallas de cristal líquido (LCD).

### 1. PANTALLAS CRT

Son pequeños televisores que presentan imágenes brillantes y de alta resolución. Las ventajas que estas pantallas presentan son la alta resolución que poseen, el mejor contraste y un ángulo de visión superior en comparación con las pantallas LCD. Sus desventajas se refieren a que tienen un consumo y un parpadeo mayor.

### 2. PANTALLAS LCD

Son dispositivos de cristal líquido ligeros y planos. Las ventajas de las pantallas LCD son que requieren un bajo voltaje y poseen un tamaño menor. Sin embargo, las desventajas que presentan es que sólo presentan 64 niveles de color mientras que las pantallas CRT tienen 256 niveles colores y no poseen el nivel de pureza de las pantallas CRT.



Figura 1.1. HMD <sup>2</sup>

#### 1.3.2 HMD PARA REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada es una variación de los ambientes virtuales. Mientras que las tecnologías de ambientes virtuales sumergen completamente al usuario dentro de un ambiente sintético, la realidad aumentada permite al usuario ver el mundo real acompañado de objetos virtuales superpuestos en el mundo real. Por

---

<sup>2</sup> <http://www.virtualresearch.com>

lo tanto, la realidad aumentada complementa a la realidad en lugar de reemplazarla por completo<sup>3</sup>

El dispositivo utilizado para la realidad aumentada es el casco que “mira a través” (see-through HMD) el cual combina objetos reales con objetos virtuales.

Estos HMD's son ópticos y trabajan empleando combinadores ópticos enfrente de los ojos del usuario. Estos combinadores tienen dos funciones:

- 1) Son parcialmente transmisivos de manera que el usuario vea a través de ellos el mundo real;
- 2) Los combinadores también son reflectivos de manera que el usuario ve las imágenes rebotadas en los combinadores de monitores.<sup>4</sup>

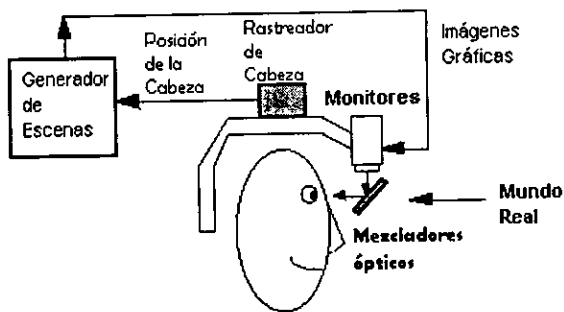


Figura 1.2 Diagrama conceptual del HMD para la realidad aumentada<sup>5</sup>

### 1.3.3 GANTES (DATA GLOVES)

Además de los cascos (HMD's), los periféricos de realidad virtual de uso más común y que a la vez facilitan la interacción entre un usuario y un ambiente virtual son los guantes. El propósito de este tipo de dispositivos es el de rastrear la posición de los dedos del usuario, comúnmente se agrega un rastreador que permita localizar la posición y orientación de la mano.

<sup>3</sup> Azuma, Ronald T., A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and virtual environments 6,4 (August, 1997) p.p. 355-385.

<sup>4</sup> Ibid P.p. 365

En los inicios de la realidad virtual, se pensaba que el guante podría tomar gran importancia en la interacción con los ambientes virtuales, usando combinaciones de gestos con las manos; pero este simple hecho complicaba más la interacción, ya que implicaba que el usuario conociera con mayor detalle el ambiente y que tuviera que memorizar una gran cantidad de combinaciones, por lo que la potencialidad inicial de este dispositivo tuvo que limitarse.

Dentro del diseño de los sistemas virtuales, se le permitió al usuario utilizar el guante con el fin de modificar las características del sistema, así como tomar las decisiones dentro del ambiente virtual.



Figura 1.3 Guante<sup>6</sup>

#### 1.3.4 RASTREADORES

Son dispositivos que se sujetan al usuario y que tienen como función el detectar todos los movimientos de cabeza y manos, conocidos como head-trackers y hand-trackers respectivamente. Esto se lleva a cabo a través de medios electromagnéticos u ópticos. Los movimientos se expresan en coordenadas de posición y orientación que son descifradas por la computadora. Es entonces, cuando las imágenes correspondientes a ese punto de vista son presentadas.

---

<sup>5</sup> Ibid p.p. 365

<sup>6</sup> <http://www.geocities.com/mellott124>

## 1.4 SOFTWARE

A medida que la Realidad Virtual abandona los laboratorios para integrarse en el mundo de la tecnología aunado al creciente desarrollo del hardware, surge la necesidad de herramientas de software para la creación de mundos virtuales.

Como se ha mencionado, el éxito de un sistema depende de la integración del hardware, software y la interfaz del usuario.

Las estaciones de trabajo, las computadoras personales y las tarjetas gráficas proveen un rango adecuado en plataforma de hardware de tiempo real. En este sentido, los HMDs explotan los elementos LCD, el software de realidad virtual explota la tecnología CAD, el desarrollo de las gráficas por computadora y el hardware se basa en las tecnologías electromagnéticas bien establecidas.

En la creación de un entorno virtual, el desarrollador alimenta el diseño con material que le ayuda a crear escenarios realistas para reforzar la credibilidad del usuario en el sistema. A veces este material se extrae de fuentes externas o los consulta en bases de datos específicas o en archivos de conjuntos de datos.

El material almacenado en bases de datos es utilizado para construir objetos y entornos virtuales y para proveer información sobre esos objetos al usuario que se encuentra en el entorno virtual.

Aunque existen conexiones digitales fuertes entre los elementos del sistema, se requiere de una integración que permita verlos como un sistema armónico interdependiente en conjunción con el hardware.

### 1.4.1 MODELADO DE MUNDOS VIRTUALES

Existen lenguajes y herramientas que facilitan la creación de sistemas y ambientes virtuales. A continuación se describen dos de los más significativos en este campo.

## **1. VRML**

VRML es la abreviación de "Lenguaje de Modelado en Realidad Virtual" (Virtual Reality Modeling Language). No es un lenguaje de programación de propósito general como C++, o un lenguaje de scripts (guiones) como JavaScript, sino que es un lenguaje de descripción de escenas que define la geometría y conducta de una escena en 3 dimensiones, también llamados mundos.

VRML es un formato de archivos que describe objetos 3D interactivos y mundos. Está diseñado para utilizarse dentro de Internet, Intranets y sistemas de clientes locales, también pretende ser un formato universal de intercambio para gráficas de 3D integradas y multimedia.

Puede ser utilizado en una variedad de áreas de aplicación, tales como ingeniería, visualización científica, presentaciones multimedia, tutoriales educativos, páginas Web, y mundos virtuales compartidos.

### ***CARACTERISTICAS***

VRML es capaz de representar objetos dinámicos y multimedios de manera estática y animada con vínculos hacia otros medios como textos, imágenes, sonidos y películas.

Los exploradores de VRML, así como las herramientas para la creación de archivos VRML están disponibles para muchas plataformas diferentes.

### ***ORIGEN***

VRML surge con la primera especificación del lenguaje (VRML 1.0), cuyas características se limitaban a la creación de objetos estáticos, a medida que fueron desarrollándose nuevos proyectos en este lenguaje nace la necesidad de mejorar dicha especificación dando origen a VRML 2.0.

Tabla 1.1 Características de VRML

Versión	Características
VRML 1.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos estándar (cubo, esfera, cono, cilindro y texto)</li> <li>• Objetos arbitrarios (superficies, conjuntos de líneas, conjuntos de puntos)</li> <li>• Capacidad de volar a través, caminar a través y examinar escenas</li> <li>• Luces</li> <li>• Cámaras (View Points)</li> <li>• Texturas en objetos</li> <li>• Permite el uso del mouse para ligar objetos (click)</li> <li>• Definición y reuso de objetos</li> </ul>
VRML 2.0	<p>Todas las características de VRML 1.0 además de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos animados</li> <li>• Switches</li> <li>• Sensores</li> <li>• Guiones para conductas (Java o Java Script)</li> <li>• Interpoladores (color, posición, orientación)</li> <li>• Texturas y colores de fondo</li> <li>• Sonido</li> <li>• Texturas animadas</li> <li>• Ruteo de eventos</li> <li>• Definición y reuso de objetos y conductas</li> </ul>

Para poder utilizar VRML, se requieren navegadores especiales, mismos que se pueden dividir en 3 tipos:

1. Aplicación Stand-Alone: Permite compilar aplicaciones stand-alone que pueden ver y manipular mundos de VRML con herramientas de desarrollo, tales como Open Worlds, Jverge, WorldView for Developers y Open Inventor.
2. Aplicaciones de Soporte: Poseen todas las capacidades que se requieren para ver y manipular mundos VRML sin necesidad de ser compilados. Dos aplicaciones de este tipo son Sony's Community Place y VRWave.

3. Plug in: Los plug-ins utilizan las facilidades provistas por exploradores de web para mostrar mundos virtuales en un navegador de Internet. Los más populares son World View y Cosmoplayer

## 2. DVICE de DIVISION

DVICE permite a un diseñador crear una representación virtual de un producto basado en la especificación de los ambientes de CAD, facilitando al diseñador agregar características conductuales, visuales y auditivas (tales como la animación, restricciones en el movimiento y propiedades de colisión) a esta representación, de manera que DVICE pueda modelar la interacción de los componentes del producto y la interacción del producto con operadores humanos.

Todos los módulos de DVICE soportan un mayor rendimiento y una navegación interactiva a través del producto virtual empleando un escritorio (desktop) y un monitor de estación de trabajo. Algunos módulos soportan periféricos más avanzados como ratones tridimensionales y HMD's estéreos. Diversos módulos incluyen tareas de navegación avanzada que permite a los usuarios volar a posiciones almacenadas a través de un icono.

Existen funciones de anotación que mejoran la comunicación en un equipo de trabajo al agregar una dimensión extra al sistema de correo electrónico corporativo. Las anotaciones de DVICE permiten asociar un texto con vistas grabadas del producto y con audio, vídeo y propiedades conductuales que ilustran el texto con componentes animados y grabaciones de voz.

### 1.4.2 HERRAMIENTAS DE MODELADO

#### *Bibliotecas*

Los sistemas modelados deben proveer al usuario una variedad de herramientas que le permitan seleccionar formas y objetos. Las bibliotecas modeladas contienen definiciones paramétricas de círculos, elipses, arcos, parábolas,



triángulos, cuadrados, rectángulos y polígonos mientras que las bibliotecas de objetos contienen cubos, cajas, esferas, cilindros, conos y objetos platónicos.

### ***Ordenamiento de objetos***

Con el fin de incrementar el proceso de rendero, la representación que incorpora la simulación de efectos de iluminación, tales como sombra y reflexión, algunos ambientes de modelado permiten al diseñador determinar la secuencia de rendero de los objetos y facetas, de tal manera que al tiempo del rendero, el generador no se encuentra ocupado en el proceso de ordenamiento para determinar la visibilidad.

### ***Atributos de superficie***

Los objetos pueden ser coloreados en una variedad de formas. Puede asignarse un color a un objeto completo o a cada cara se le puede dar un color. También se les puede asignar colores a los vértices y a las interpolaciones de las caras cuando éstas son generadas.

Las caras pueden ser decoradas utilizando texturas escaneadas de fotografías o pueden ser tomadas de las bases de datos.

### ***Iluminación***

Los ambientes virtuales deben estar iluminados con una textura de luz ambiental y fuentes de luz individuales. Éstos pueden ser direccionales, puntos o luces (spots). La fuente de luz permite al usuario explorar el ambiente virtual.

Existen aplicaciones donde se requiere ajustar interactivamente cada parámetro asociado con la luz. La luz puede ser utilizada para iluminar todo el ambiente u objetos específicos.

Para evitar el uso de fuentes de luz virtual, el mundo virtual puede estar iluminado por objetos coloreados con diferentes intensidades de color que sugieran la dirección de la fuente de luz.

Si el modelo de radiosidad se utiliza para iluminar el ambiente, los niveles de iluminación puede estar integrados dentro de la base de datos sin necesidad de una luz extra. Esto significa que el rendero debe ser tal que permita competir con esta textura híbrida de geometría e iluminación.

## 1.5 APLICACIONES

En el campo de la Realidad Virtual, la gama de aplicaciones aún hoy en día es limitada, pero cada vez se extiende a disciplinas y aplicaciones más cotidianas, que indican que la Realidad Virtual en un futuro no muy lejano se aplicará ampliamente en la computación, por el momento las aplicaciones más comunes se enuncian a continuación.

### Arquitectura

El diseño arquitectónico es otra área en la que la Realidad Virtual está tomando importancia. Actualmente una de las mayores aplicaciones de Realidad Virtual es la desarrollada por diseñadores asistidos por computadora que crean "paseos arquitectónicos", lo que permite al futuro comprador de una casa o de un complejo industrial, conocer - sin necesidad de haber construido lo que el cliente requiere- si el diseño de las instalaciones satisface las expectativas o si se necesitan realizar modificaciones al diseño.

Esto permite un ahorro considerable de dinero y tiempo, mientras que brinda la satisfacción garantizada del usuario, debido a que se encuentra inmerso en el ambiente que desea y puede conocer a detalle lo que él solicitó.

### Ingeniería

La posibilidad de visualizar un diseño de ingeniería, no sólo permite verificar que el diseño satisface los requerimientos especificados, sino que permite simular condiciones - en tiempo real- que antes no podían ser simuladas y que además requieren de extensos cálculos, por lo que la información se apreciaría de manera gráfica y se observarían las respuestas del proyecto a situaciones reales. En este

campo es posiblemente en el que más uso tenga y que represente un ahorro económico mayor.

Actualmente las industrias automotrices se apoyan de la realidad virtual, para probar los diseños de sus automóviles y las reacciones a accidentes, altas velocidades, lo cuál permite rediseñar el modelo sin haber gastado dinero en producción.

En el ámbito de investigación los científicos serían capaces de modificar gráficamente los modelos matemáticos que estén desarrollando y observar las repercusiones de tales modificaciones.

### **Animación**

En este campo, debido a que la Realidad Virtual, surgió como un desarrollo de la graficación por computadora, el beneficio que ésta obtiene de la Realidad Virtual es prácticamente, el tiempo en procesar las imágenes y los cuadros (frames), simulando una mejor animación.

Otra de las aplicaciones que se tienen es la animación mediante el modelado de arcilla (claymation en inglés); es decir moldear elementos y objetos de un ambiente virtual haciendo uso de arcilla virtual. Dichos elementos se moldearían en todas las posiciones que el animador haya contemplado y una vez hecho esto, sólo sería cuestión de ligar las posiciones creando una secuencia para darle la sensación de movimiento.

### **Medicina**

Hasta el momento se han observado aplicaciones que permiten obtener un beneficio económico, pero en el caso de la medicina su beneficio es mayor, ya que se pueden salvar vidas humanas al simular operaciones y a través de estas simulaciones enseñar a los residentes las reacciones de un paciente ante una acción hecha por el cirujano.

Hacia el futuro se vislumbra que la realidad virtual podría tener una visión interior del cuerpo por rayos X, para el mejor desempeño de una intervención quirúrgica a la vez que le da simplicidad a las operaciones más complejas.

### **Educación**

En este campo las aplicaciones son ilimitadas, ya que por cada disciplina el alumno podría navegar en un Sistema Virtual y aprender de manera interactiva, aplicando todos sus sentidos, evitando distracciones y mejorando el aprendizaje de los alumnos.

Para alumnos a nivel Universitario, estas aplicaciones permitirían que los alumnos de carreras como Medicina, Odontología y Veterinaria practicarán intervenciones quirúrgicas, con el fin de mejorar sus técnicas.

### **Astronomía**

En esta rama las aplicaciones pueden ser de tipo interactivo o no. Un ejemplo de las aplicaciones interactivas, es el poder navegar por el universo, y obtener información de las galaxias, conocer cada constelación que la conforma, navegar por el sistema solar, estar inmerso en el ambiente de cada uno de los Planetas.

En el caso de las aplicaciones no interactivas se tiene la simulación del ciclo de vida de una estrella mediana, como el sol, y conocer cada una de sus etapas detalladamente, con un intercambio de información visual que da mayor profundidad a una simulación.

### **Biología**

De igual manera que en las aplicaciones de astronomía, en la biología es posible observar el funcionamiento de cualquier sistema de un animal, o el proceso de respiración de las plantas.

Una aplicación en el futuro dentro del campo de la Biología, puede ser un viaje sin restricciones al interior del cuerpo humano, o presenciar la reproducción de las células a nivel microscópico.

### **Química y Física**

En un futuro, se podrán hacer simulaciones de reacciones o de fórmulas químicas y hacer pruebas de tales reacciones sin necesidad de gastar enormemente en reactivos.

En el caso de la física, visualizar el resultado de un modelo experimental y que el investigador sea capaz de modificar en ese momento su modelo y observar las variaciones de éste.

### **Militar**

Desafortunadamente, el avance más significativo en Realidad Virtual y las aplicaciones con mayor desarrollo están enfocadas a la carrera armamentista.

### **Arqueología**

En varios países, como México e Inglaterra, la realidad virtual ha servido como la manera alternativa de recrear centros ceremoniales de diversas civilizaciones.

## **1.6 SISTEMAS VIRTUALES**

Para construir sistemas de realidad virtual, se requieren tres elementos del sistema que se deben considerar:

1. Modelado del mundo
2. Equipo de cómputo
3. Esquemas de inmersión

### 1.6.1 MODELADO DEL MUNDO

El modelado del mundo cubre aspectos tales como la construcción del modelo, la introducción a las características dinámicas, fuerzas físicas, iluminación y la detección de colisión. Debido a que el ambiente virtual puede tomar diferentes formas, la información debe ser construída para representar el ambiente y almacenada para el momento en que quiera ser reconstruída o generada en tiempo real.

#### 1. Objetos Virtuales

Cuando se desea construir un mundo virtual con objetos virtuales, éstos deben tener especificados los atributos que van a utilizar. Por lo mismo, la documentación debe contemplar el ambiente virtual incluyendo geometrías 3D, colores, texturas, características dinámicas y atributos acústicos.

Un sistema en realidad virtual provee un dominio en el que el mundo virtual puede ser modelado, simulado, visualizado y probado utilizando displays inmersivos. El ambiente virtual consiste de una colección de objetos y fuentes de luz que pueden ser manipuladas por procedimientos de animación y simulación física. En paralelo con estas actividades, los algoritmos de detección y colisión monitorean las colisiones entre los objetos especificados. El estado del ambiente virtual se ve influenciado por las señales de entrada que provienen de los dispositivos como el HMD mientras que las salidas del sistema son en forma de canales visuales, auditivas o táctiles.

#### *Características estáticas y dinámicas*

En general, todos los objetos de un ambiente virtual pueden ser divididos en dos grupos: estáticos y dinámicos. En la construcción del ambiente, la documentación debe reflejar si un objeto se puede mover o no con el fin de no alterar la posición definida para el ambiente.

### ***Fuerzas físicas***

Algunos objetos dinámicos pueden ser definidos sin que ninguna fuerza actúe sobre ellos provocando un cambio en su comportamiento dentro de los límites preestablecidos. Así, un objeto puede estar limitado a traslaciones y rotaciones sobre su eje, mismos que se especifican dentro de los parámetros de la documentación y que aseguran que las operaciones matriciales transformen a los objetos dentro de los límites deseados.

### ***Nivel de detalle***

Una estrategia consiste en envolver el almacenamiento de diferentes niveles de detalle de los objetos dentro de la documentación. La operación del sistema en tiempo real, automáticamente selecciona la descripción del modelo que indica la vista actual y el modo de operación. Altos niveles de detalle pueden ser accesados en un rango base. Como el usuario toma diferentes objetos, los niveles pueden introducirse dentro del punto de vista del usuario en el primer tiempo o la descripción geométrica puede mejorarse realizando una sustitución del modelo.

### ***Atributos de superficie***

A los objetos dentro del ambiente virtual se les debe asignar colores y texturas. Los parámetros de color pueden ser en forma de componentes de los colores primarios: rojo, verde y azul, una saturación o un valor lo cual es posible debido a la generación de niveles de luz reflejada sobre los objetos.

De la misma manera, la textura se asocia a cada uno de ellos con el fin de incrementar el realismo. Esta requiere unos parámetros de orientación y escala. Cuando se espera un amplio rango de vista dinámica, se requiere un conjunto de mapas (mip maps) para proveer la información del rango de texturas.

### **Acústica**

El sonido juega un papel muy importante dentro de las simulaciones virtuales como es en la colisión de objetos.

### **2. Luz Virtual**

Un ambiente virtual se puede iluminar de diferentes maneras. Una estrategia se basa en el hecho de que en el mundo real, las fuentes de luz normalmente no se mueven con respecto al sol y muchos objetos son estacionarios. Bajo estas condiciones, se pueden asignar intensidades de luz a superficies individuales y la escena se genera desde estos valores de luminosidad. Sin embargo, esto elimina la necesidad de aplicar un modelo de iluminación para cada frame (cuadro).

Existe un algoritmo de radiosidad que maneja cambios discretos en los niveles de luz a través de diferentes superficies reflejados en la base de datos del ambiente virtual. Esto trae como consecuencia que el usuario pueda explorar el ambiente en tiempo real, con los beneficios del modelo de iluminación radial. La desventaja que este modelo presenta es que los cálculos son sensibles a las yuxtaposiciones de las superficies, objetos que se desplazan en el ambiente virtual que poseen unos parámetros de radiosidad originales asociados a ellos.

### **3. Animación**

La animación de los objetos se puede componer por traslaciones y rotaciones soportadas por operaciones matriciales dentro de un procedimiento. Sin embargo, el evaluar los procedimientos en tiempo real presentan problemas como el retraso entre la inicialización de la acción y la recepción de la respuesta.



#### **4. Detección de Colisión**

Para explicar el fenómeno de colisión, se pueden utilizar los conceptos de intersección entre dos esferas o dos cajas. El tamaño de la esfera o de la caja es tal, que permita contener completamente el objeto al cual es asociado. Consecuentemente, si no existe una intersección a este nivel, resultaría imposible encerrar al objeto para intersectar. Si la condición de intersección se detecta, existe una posibilidad de encerrar los objetos intersectados. Para comprobar si esto ha ocurrido o no, las superficies individuales de los objetos se comparan con la de la intersección. Si han sido intersectados, el evento se comunica con el sistema operativo en tiempo real y se inician otras operaciones como puede ser un sonido o producir una secuencia de animación cuando se inicializa la simulación de una explosión.

#### ***Entradas del usuario***

Las señales básicas de entradas del usuario son la posición y la orientación de su cabeza y manos. La posición y la orientación de la cabeza son señales del sistema que determinan el punto de vista desde el cual el mundo virtual es generado. La posición y orientación de la mano se utilizan para interactuar con el ambiente virtual.

#### ***Salidas del sistema***

Las señales de salida del sistema acarrean información de audio, visual y táctiles acerca del ambiente virtual y son soportadas por tres subsistemas independientes trabajando en paralelo:

1. Señales visuales: La salida primaria del sistema es la visualización del ambiente virtual desplegada desde el HMD.

2. Señales de audio: Las señales de audio se derivan de un subsistema acústico para eventos de sonido simulados en el ambiente virtual. Estas señales pueden ser procesadas para incorporar información que permita al usuario localizar los sonidos en el espacio utilizando audífonos.
3. Señales táctiles: El canal háptico trae señales que describen las fuerzas que son transmitidas desde el cuerpo del usuario.

### **1.6.2 EQUIPO DE COMPUTO**

Para generar un sistema en realidad virtual, se requiere un equipo de cómputo que coordine las entradas generadas por el usuario y las salidas gráficas, auditivas y táctiles.

#### **1. Canales de entrada**

Dos canales primarios se utilizan para la entrada de la posición y orientación de la cabeza y mano del usuario. El dato de la cabeza se emplea para el control dinámico del comportamiento del observador virtual dentro del ambiente virtual, y determina el punto de vista de las imágenes generadas regresadas al usuario. Los datos de la mano suplen la posición y orientación del mouse 3D, o de posiciones individuales de los dedos del usuario.

Al inicio de una sesión interactiva, la altura física real del head-tracker estacionario debe estar disponible dentro del sistema virtual. Esto asegura que cuando el usuario se mueva, su correspondiente punto de vista dentro del ambiente virtual, también sea visto.

#### **2. Canales de salida**

Dos canales primarios de salida soportan gráficas y sonido. Idealmente, el canal de gráficas provee dos imágenes independientes para los ojos izquierdo y derecho. Esta integración es sensible al cambio en la distancia interocular permitiendo realizar cálculos en la perspectiva.

El canal de sonido provee al usuario la relación de los eventos teniendo lugar en un nivel virtual.

### **3. Base de Datos del ambiente virtual**

La base de datos describe los objetos virtuales que son almacenados en disco y cargados a la memoria central cuando son requeridos.

### **4. Servicios en tiempo de ejecución (run-time)**

Los servicios que corren en tiempo real son centrales para cualquier sistema en realidad virtual debido a que su tarea es coordinar todos los componentes del sistema y hacer que tengan un comportamiento coherente. Esto incluye el manejo de la base de datos, los canales de entrada y salida, la detección de colisión, red y recursos del procesador.

## **1.6.3 ESQUEMAS DE INMERSIÓN**

Existen diferentes esquemas de interacción que el usuario puede tener con el sistema de realidad virtual. A continuación se explica cada una de ellas.

### **1. Interacción Inmersiva**

Una sesión en realidad virtual comienza cuando se carga el ambiente virtual desde el disco duro al procesador. Los objetos dentro de la base de datos toman sus posiciones originales y el procesador de las gráficas provee una visión binocular del ambiente virtual. La vista inicial está determinada por la posición relativa del HMD.

Existen cuatro modalidades de interacciones inmersivas:

### ***Vuelo***

Cuando el usuario utiliza el HMD, el procesador del monitor responde en tiempo real al nuevo punto de vista. Una vez que está orientado, el usuario explora el ambiente virtual moviendo en diferentes direcciones su cabeza. Debido a que el usuario se encuentra físicamente restringido por los cables del HMD, la navegación la realiza indicando al sistema la instrucción de volar en una dirección específica. Esto se realiza comunicando al sistema operativo vía el mouse o el guante identificando la dirección del viaje, cuándo inicie y se detenga el vuelo.

### ***Teletransportación***

Otra manera de "volar" es a través de la teletransportación la cual es una técnica que identifica una nueva locación dentro del ambiente virtual en donde el sistema operativo transporta automáticamente al usuario sin necesidad de hacer el viaje. El problema ahora es especificar el destino.

### ***Tocando los objetos***

El mouse y el guante pueden ser utilizados para explorar e interactuar con cualquiera de los objetos que tienen propiedades dinámicas. De esta manera, el usuario puede acercarse a los objetos existentes dentro del ambiente virtual modificando el estado de posición y orientación.

### ***Reconocimiento de gestos***

En un principio se creía que los gestos eran una excelente interfaz con el ambiente virtual, sin embargo como éstos no son universales y se utilizan únicamente como complemento a otros modos de comunicación, como el habla o las expresiones faciales, no puede definirse una tabla de gestos para todos los sistemas o especificar una tabla que contenga los datos de los ángulos de los dedos.

A pesar de esto, existen gestos que pueden ser definidos combinando diferentes estados de los dedos mismos que son reconocidos por el sistema operativo, permitiendo al usuario repetir el gesto hasta que haya obtenido la respuesta deseada. Consecuentemente, si un usuario utiliza un gesto, la tabla de datos automáticamente identifica la acción que se ha tomado.

## **2. Interfaz del usuario**

La interfaz del usuario de 2D ha adoptado el paradigma de ventana donde los menus, barras deslizadoras y reglas son controladas utilizando una interacción de "click".

La interfaz del usuario de 3D utiliza un paradigma similar perfeccionando estas herramientas y se definen algunos principios:

1. Cada objeto debe tener sus propios controladores virtuales asociados a él.
2. El significado de los gestos de la mano depende del objeto que se esté tocando
3. Esconder los controles virtuales como sea posible, permite hacerlos más fácil de obtener
4. Evitar el control del ambiente directamente a través de la interfaz del hardware, esto es se deben evitar gestos que tienen significado todo el tiempo.

## **3. Sistemas vistos a través de la ventana**

Los sistemas denominados a través de la ventana son aquellos en los que la posición de la cabeza del usuario y la orientación se utilizan para controlar el punto de vista de las imágenes generadas por la computadora. Esto crea la impresión de ver dentro de una ventana donde existe un volumen en el espacio. Estos sistemas requieren una estación de trabajo y un head-tracker. Los usuarios pueden interactuar con el ambiente virtual utilizando un mouse 3D o un guante

interactivo pudiendo mejorar cada objeto dentro del ambiente, independientemente de la sensación de inmersión.

#### **4. Sistemas no inmersivos**

Son aquellos sistemas en los que las estaciones de trabajo generan imágenes en tiempo real dibujando un cuadro en 3D del ambiente, permitiendo al usuario navegar a través de él utilizando un joystick .

#### **5. Sistemas multiparticipantes**

Para poder soportar múltiples participantes dentro de un sistema virtual, se requiere la creación de un amplio modelo de distribución que escale a los participantes, asegurando el manejo adecuado de cada usuario y resolviendo cualquier conflicto que surja en la base de datos. Un grupo puede interactuar con otro en un dominio virtual, estando consciente de la presencia de los demás.

## CAPITULO 2

# METODOLOGÍAS PARA LA CREACIÓN DE AMBIENTES VIRTUALES

En el campo de la realidad virtual, existen diferentes métodos que permiten la creación de ambientes virtuales, sin embargo con el fin de abarcar la generalidad que existe entre ellas, se han elegido tres metodologías representativas: 1) Metodología para la creación de ambientes virtuales del HITL, Washington University<sup>7</sup>, 2) Metodología para la creación y el uso de ambientes virtuales para la educación del antiguo Egipto del museo de la Universidad de Manchester<sup>8</sup>, 3) Metodología para el proyecto de Kahun del museo de la Universidad de Manchester<sup>9</sup>.

La elección de dichas metodologías obedece a que describen las etapas a seguir así como sus entregables para cada una de ellas. La mayoría de los ambientes virtuales observados durante la investigación, no poseen una metodología formal donde se definan las etapas; lo que origina la falta de documentación técnica del sistema.

Cabe aclarar que la metodología del HITL presentada en este trabajo, corresponde a la forma en la que la interpretamos, esto es, se realizó una labor de síntesis en la que se incluyeran las principales características de la misma.

A continuación se describen las metodologías elegidas y las conclusiones de esta investigación.

---

<sup>7</sup>Osberg, Kimberley. A Teacher's Guide to Developing Virtual Environments: VRRV Project Support. HITL. Human Interfaz Technology Laboratory of the Washington Technology Center. University of Washington

<sup>8</sup>Dr. Mitchell William. Moving the Museum onto the Internet: The use of virtual environments in education about ancient Egypt. Department of Computing, Manchester Metropolitan University

<sup>9</sup>Dr Mitchell, William. Moving the Museum onto the Internet: The use of virtual environments in education about Ancient Egypt. Department of Computing. Manchester Metropolitan University.

## **2.1 METODOLOGÍA PARA LA CREACIÓN DE AMBIENTES VIRTUALES DEL HITL, UNIVERSIDAD DE WASHINGTON**

La metodología propuesta por el Laboratorio en Tecnología de Interfaces Humanas (HITL) de la Universidad de Washington tiene como objetivo establecer las bases, para que los profesores brinden a los alumnos un método formal para el desarrollo de proyectos en Realidad Virtual. El rol del profesor es servir como guía para los alumnos involucrados en el proyecto, razón por la cual su labor debe estar respaldada por una metodología.

La metodología consta de cuatro etapas: Planeación, Construcción (que bien se podría considerar como Diseño), Programación y Experiencia en el ambiente terminado.

Antes de abordar cada uno de los puntos anteriormente señalados, cabe enfatizar que para poder elaborar un ambiente virtual óptimo se deben conocer los objetivos y metas que el ambiente deberá cumplir.

### **2.1.1 PLANEACION**

Esta etapa representa la parte crítica en el desarrollo de sistemas virtuales. Básicamente la Planeación consiste en elaborar el Plan de Administración del proyecto referente a la actividad planificada en toda esta etapa.

#### **Plan de Administración del Proyecto**

Este documento tiene como objetivo delimitar responsabilidades, asignaciones, alcances del proyecto, sus participantes, los parámetros que servirán para medir el avance y los resultados esperados en cada una de las fases del proyecto.

El plan de Administración se compone de cuatro planes que abarcan todo el desarrollo del proyecto:



**Plan Curricular**

Es importante describir los objetivos de aprendizaje y experiencia que el proyecto puede reeditar a los integrantes de éste, por lo que se recomienda considerar las áreas de aprendizaje en las cuales el ambiente virtual va a contribuir.

El objetivo de este plan se logra mediante el uso de las siguientes formas:

Tabla 2.1 Forma de Valoración de Tema/Concepto

Area General	Descripción del concepto de la materia	Presentación de Pros y contras del concepto	Limitaciones Tecnológicas
--------------	--	---	---------------------------

Tabla 2.2 Formas de Identificación de Metas de Aprendizaje

Meta de Aprendizaje:	Submeta:
	Submeta:
	Submeta:

Es recomendable generar una o varias formas de identificación de metas de aprendizaje mediante las cuales se explicarán los objetivos que el proyecto debe cumplir.

**Plan de Valoración**

El plan de valoración busca que el líder de proyecto describa las herramientas que se utilizarán para evaluar el desarrollo del proyecto. Para esto se recurre a la Forma de Herramientas de Valoración basadas en Contenido.

Tabla 2.3 Forma de Herramientas de Valoración basadas en Contenido.

Nombre de la Herramienta de Valoración	Descripción de la Herramienta de Valoración	¿Existe o será creada?	Descripción del valor de dicha herramienta
--	---	------------------------	--

### **Plan de Procesos**

Una vez aclarados los objetivos y los mecanismos con los que se evaluará el desarrollo del proyecto, se procede a documentar paso a paso ¿cómo se va a realizar el ambiente? Utilizando un diagrama de tiempos

Tabla 2.4 Diagrama de Tiempos

Actividad:
Responsabilidad:
Fecha de Inicio:
Fecha de Terminación:
Fecha de Holgura:
Entregable:

Una vez que se han definido las actividades a realizar, se deberá especificar el equipo de trabajo, los roles y los responsables para cada actividad.

El HITL propone los siguientes roles:

- *Facilitador del Proyecto.* Será el líder del proyecto y se encargará de llevar los planes puntualmente.
- *Documentador del proyecto.* Está a cargo de llevar una bitácora del proyecto, con el fin de documentar todos los acontecimientos, vaciando la descripción del mundo y recolectando todo el material que cada fase produzca.
- *Director de Arte.* Se encarga de asistir a los demás miembros del equipo en el modelaje del ambiente.
- *Diseñador de Conductas.* Está bajo su responsabilidad analizar y diseñar las conductas que intervendrán en el ambiente virtual
- *Modelador Base.* Es quien desarrollará el mundo base o esqueleto y el mundo terminado.

Ya que se han definido los roles, se deberá asignar responsabilidades sobre actividades específicas a cada uno de los integrantes dentro del proyecto, para lo cual es necesario llenar una Matriz de Responsabilidad

Tabla 2.5 Matriz de Responsabilidades

Rol Individual / Responsabilidad	Integrante 1	...	Integrante N
Responsabilidad 1			
Responsabilidad 2			
...			
Responsabilidad n			

Esta matriz representa una referencia cruzada al Diagrama de Tiempos del Proyecto, por lo que refuerza el control del proyecto.

**Plan del Mundo**

El plan del mundo es la primera documentación referente al ambiente virtual, en la que se describen los objetos que lo componen, la relación entre los objetos y sus conductas.

Para iniciar el plan del mundo, se requiere de una sesión en la cual todos los integrantes del equipo analicen y propongan los objetos componentes del ambiente virtual. A este proceso se le conoce como tormenta de ideas.

Una vez que se han definido los objetos que integrarán al ambiente, se deberá documentar en una matriz de objetos.

Tabla 2.6 Matriz de Objetos

Integrante Objeto	Prioridad del Objeto (alta, media y baja)	Integrante 1	...	Integrante n
Objeto 1				
...				
Objeto m				

Conociendo los objetos que intervendrán en el ambiente virtual, se deberán definir las conductas que tendrán para identificar las interacciones entre los mismos empleando la tabla de características conductuales.

Tabla 2.7 Tabla de Características Conductuales

Características Inherentes	Cambio en el Estado de las Características
Visibilidad	Cambio en la visibilidad (visible / no visible)

Tomando como referencia las tablas de características de cada objeto los miembros serán capaces de llenar la *Matriz de Conductas* que será utilizada como una guía en la programación del ambiente virtual. Cabe mencionar que aunque en teoría todos los objetos pueden tener relación y conductas con otros objetos, la semejanza con la realidad exige simplemente las interacciones necesarias, para realizarlas.

Tabla 2.8 Matriz de Conductas

Objeto Primario/ Objeto Secundario	Objeto1	...	Objeto n
Objeto 1	Conducta1		
...			
Objeto n			

**2.1.2 CONSTRUCCIÓN (DISEÑO DEL AMBIENTE VIRTUAL)**

Esta etapa es donde el ambiente virtual adquiere una forma más detallada y a la vez se obtiene como resultado, el modelo que los programadores utilizarán para materializar el ambiente virtual.

Esta etapa cubre tres aspectos fundamentales: 1) construcción de objetos, 2) creación del mundo base y parámetros de la etapa para la composición y 3) funcionalidad. A continuación se explicarán dichas fases:

## 1. Construcción de Objetos

Para realizar una óptima construcción de objetos, es necesario estandarizar los esquemas utilizando tres perspectivas: de lado, de frente y por arriba. Con esta visión, se facilita la interpretación de los programadores y se optimiza el tiempo del proyecto.

No todos los objetos que se encuentran en el mundo son de simple elaboración, por lo que se dividen en dos categorías: *los objetos simples* y *los objetos complejos*.

Los objetos simples, se reducen a formas geométricas que pueden ser creadas en una sola pieza, mientras que los objetos complejos se descomponen en sus formas más simples para después, integrarse de nuevo.

En la creación de objetos simples, deberá analizarse cada uno de los objetos, y plasmar sus características en papel, de ahí que resulte la *Guía de Diseño para Objetos Simples*.

Mientras que al crear los objetos de mayor complejidad, es necesario tener la *Guía de Diseño para Objetos Simples*, para cada uno de los componentes del objeto y una forma que describa los objetos que lo componen.

## 2. Creación del Mundo Base

El mundo base es la parte del ambiente que contiene a todos los objetos. Si se desea puede considerarse como el punto de referencia central desde el cual, todos los demás objetos se orientan.

### **3. Composición y Funcionalidad**

Es la parte de la construcción en la que se le agrega un toque estético al mundo; añadiéndole una apariencia real. Existen cuatro aspectos que realzan la composición y funcionalidad de un ambiente.

#### ***Escenas***

La manera más sencilla de diseñar un ambiente virtual es dividirlo en escenas. Cada escena corresponde a una región particular del ambiente.

Al crear una nueva escena se deberán considerar las perspectivas del usuario y del funcionamiento del ambiente, limitando las interacciones del usuario y especificando la secuencia de las escenas. El uso de escenas implica la generación de un script que indique la secuencia correcta en la que se despliegan.

Esto se puede lograr, estableciendo un mapa de navegación con los sucesos que se pueden realizar.

#### ***Complejidad Ambiental, Guías Externas y Tipo del Ambiente***

Mientras más real se desee diseñar al mundo, el nivel de detalle aumenta, lo que provoca que la implementación también sea más compleja y que se requiera una guía externa que conduzca al usuario a través del ambiente.

#### ***Tamaño del Ambiente***

Con el fin de proporcionar una mayor veracidad entre el mundo real y el mundo virtual, se recomienda utilizar la escala natural en el tamaño del ambiente.

### ***Funcionalidad***

La funcionalidad del ambiente representa un aspecto importante dentro del mundo, ya que además de que éste posee un tamaño real, se requiere que los objetos tengan un comportamiento similar al del mundo real.

#### **4. Creación del Ambiente Total**

Durante esta etapa se verifican todos los aspectos que se consideraron anteriormente con el fin de integrarlos y manejar al ambiente como un todo, comprobando que se cumplan con los objetivos especificados y que los objetos tengan el comportamiento deseado.

En esta etapa del proyecto se tiene como entregable un modelo en 3D de todo el ambiente para que el HITL genere el ambiente final.

#### ***Entregables para convertir el modelo 3D en RV***

□ Archivos de objetos

Se genera un archivo por cada objeto.

□ Descripción Total del Mundo

Descripción del mundo basada en la matriz de objetos. Contiene toda la información que permita a los desarrolladores generar los objetos nuevamente, como son todas sus propiedades, sus interacciones, las conductas asociadas a ellos, las posiciones y sus escalas. De esta manera el ambiente podrá ser reproducido de manera sencilla.

□ Matrices de Objetos y Conductas

Son copias de las formas generadas en la etapa de Construcción del proyecto.

□ Guiones de Funcionalidad

Es una descripción de la funcionalidad esperada en el ambiente, la cual incluye: metas de aprendizaje en cada una de las escenas, establecimiento de la escena. Este guión servirá para observar si es necesario modificar alguna escena o agregar ciertas metas en la misma.

□ Resultados del Programa de la Matriz de Conductas

Se genera un archivo con los objetos creados y sus relaciones entre sí.

### 2.1.3 PROGRAMACIÓN

Una vez que los alumnos han especificado los objetivos y diseñado los planes para la creación del ambiente, los programadores del HITL reciben los entregables obtenidos por los alumnos y programan el ambiente virtual.

La metodología establece pasos que tienen relación concreta con el software que se utilizará para desarrollar el ambiente; por lo que se explican a continuación.

#### Uso del Software

DVISE es un software de la empresa DIVISION que permite realizar mundos virtuales, para esta metodología hace uso de un Software de Matriz de Conductas. Este software permite vaciar toda la información recolectada en la etapa anterior en ventanas y así generar un archivo con los objetos creados y sus relaciones entre sí. Entre otras de las actividades que se realizan con el uso de este software están:

*Especificación de la lista de Objetos*

*Verificación de las interacciones entre Objetos*

*Especificación de las conductas de los Objetos*



#### **2.1.4 EXPERIENCIA EN EL AMBIENTE TERMINADO**

Una vez que se llega a esta etapa, significa que el ambiente ha sido desarrollado y terminado. En esta etapa no sólo se navega e interactúa con el sistema, sino que también se valora y evalúa.

La experiencia en el ambiente requiere de un lugar donde se tengan los recursos necesarios para probar el sistema, como son el equipo (máquina, guantes, casco, etc...), y el software.

#### **2.1.5 CONCLUSIONES**

Esta metodología muestra una definición formal enfocada hacia el desarrollo de ambientes virtuales como es el objetivo del presente trabajo de tesis y que hace uso del sentido común para la creación de ambientes virtuales, lo que hace el desarrollo tan sencillo de realizar.

Esto no significa que su elaboración haya sido simple; sino que el enfoque práctico utilizado en esta metodología permite que las personas involucradas en el desarrollo de sistemas de esta índole puedan comprender y aportar sus experiencias a este método.

#### **2.1.6 PROS**

La metodología delimita bien sus fases, lo que permite planear los tiempos de manera precisa y en cada fase se establecen metas en forma de entregables, así el equipo de trabajo no realiza labores extras que ocasionan retrasos.

Cada objetivo en el desarrollo de cada fase, está acompañado de formas prácticas que generan pre-entregables que llevan a la culminación de cada fase; por lo tanto no se requiere de actividades con alto grado de complejidad para completar cada fase.

Debido a que se cuenta con documentación para cada una de las fases, se facilita el entendimiento y la reproducción de las mismas permitiendo conocer la interacción de cada componente dentro del ambiente.

Esta metodología enfatiza el uso de la estandarización para el diseño de los objetos, facilitando la construcción de los mismos.

El Análisis toma un porcentaje significativo en el desarrollo del proyecto; lo que propicia mayor énfasis en cómo trabajará el sistema, de qué partes constará o cómo lo podremos mejorar, en lugar de realizar el ambiente sin una guía. En especial se debe considerar la sugerencia de que al crear un guión antes de programar permite al desarrollador seguir con un plan y restringirlo; así el proyecto no tendrá una duración infinita y el éxito no dependerá de un desarrollador talentoso, sino de la capacidad de planeación y de diseño, previa a la programación.

El establecimiento de objetivos antes de otra cosa, permite que los integrantes del equipo de trabajo no se pierdan a la mitad del proyecto y los alcances del proyecto no se modifiquen en su contenido.

Aunque no es tan claro, la documentación del sistema permite que se realicen cambios de manera más ordenada.

### **2.1.7 CONTRAS**

La falta de diagramas y/o documentos estandarizados crea ambigüedad en el diseño y resulta un poco confuso para los programadores al momento del desarrollo del ambiente.

La metodología se basa en el funcionamiento de una herramienta DVISE de DIVISION; podría ser más general si dicha metodología abarca el diseño del ambiente en dos partes: independientemente de la plataforma y basándose en la plataforma. De esta manera se deducirían aspectos no contemplados en la actual metodología y hacer que el ambiente se pudiera implementar en diversas plataformas con o sin restricciones de equipo.

Aunque se propone un guión, resultaría más eficiente y explicativo el uso de modelos que muestren interacciones, relaciones, conductas y fijen el curso del recorrido del usuario. El curso fijo no implica que se limite al usuario, al contrario es más eficiente la navegación si existe un guión que establezca conductas específicas y que ninguna operación quede suelta.

La valoración y la evaluación son prácticamente artesanales; debería existir un método para realizar las evaluaciones y las valoraciones que permitirán modificar el contenido del ambiente en caso de que los objetivos no se cumplan.

No existe una etapa de pruebas que permita al equipo desarrollador modificar el ambiente para cumplir los objetivos.

Esta metodología se orienta a alumnos y no a cualquier desarrollador, por lo que la hace sencilla pero a la vez muy específica.

Aunque se habla del aspecto del ambiente no se contempla como realzarlo o de que manera sería más semejante a la realidad.

En el análisis no se especifican los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema como son tiempo de respuesta, interfaz del usuario entre otros.

No existe una retroalimentación con el usuario final que permita validar la satisfacción de los requerimientos del sistema.

## 2.2 MUDANDO EL MUSEO A INTERNET: EL USO DE AMBIENTES VIRTUALES PARA LA EDUCACIÓN DEL ANTIGUO EGIPTO

En el museo de la Universidad Metropolitana de Manchester se realizaron esfuerzos para integrar las nuevas tecnologías a la cotidiana labor del museo: servir como centro de conocimiento para el público en general. Como resultado de esta implantación tecnológica resultó la creación de dos proyectos involucrados con la historia de Egipto y la realidad Virtual.

La razón principal por la cual se consideró a la Realidad Virtual como la tecnología a usar es debido a que típicamente un ambiente virtual provee un mapa o plan de las galerías de museo que es una réplica del plano original del museo. Tiene la capacidad de reproducir artefactos semejantes a los que el museo contiene y a su vez los puede manipular de manera que el usuario que navegue a través de los pasillos del museo virtual pueda interactuar de igual o mejor forma que si estuviera presente físicamente.

### Proyecto de la Tumba de Menna

Este proyecto se desarrolló en 1996, y entre las misiones más importantes del proyecto se encontraban las siguientes: *encontrar el proceso de la creación de los artefactos virtuales basándose en una fuente de información existente y proveer a los visitantes alternativas diferentes de cómo visitar un museo.*<sup>10</sup>

Prácticamente fue un reto encontrar un proyecto que se adecuara a la tecnología existente; pero se decidió iniciarlo sobre la tumba de Menna por las siguientes razones: la geometría de todo el ambiente era relativamente sencilla y permitía que se desarrollara de manera fiel a la tumba original, además que se contaba con el material informativo necesario para reproducir la tumba de manera real. La mayoría del material fotográfico utilizado es avanzado a su época (1933) y se

---

<sup>10</sup> Mitchell William. Moving the Museum onto the Internet: The use of virtual environments in education about ancient Egypt. Department of Computing, Manchester Metropolitan University.

adecúa a las necesidades de un modelo en 3D. Prácticamente este material se refería al interior de la tumba por lo que el equipo de trabajo se dedicó a elaborar el ambiente virtual basándose en este hecho.

Este proyecto se decidió realizar en VRML por la facilidad con la que podía desarrollarse y publicarse en Internet.

Las fases de este proyecto son las siguientes:

### **2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE OBJETIVOS**

Como se explicó anteriormente se identificaron objetivos que permitían acoplar el proyecto del museo con la introducción de nueva tecnología.

### **2.2.2 ANALISIS DE LOS CANDIDATOS AL PROYECTO, ELECCION DEL TEMA Y RECOPIACION DE LA INFORMACION**

Se analizó un caso en el que se contará con información suficiente y que pudiera representar digitalmente en un modelo de 3D, por lo que se afinó el contenido del ambiente virtual, estableciendo el material de investigación que permitiera facilitar la labor.

### **2.2.3 DISEÑO Y DESARROLLO DEL AMBIENTE VIRTUAL**

En esta etapa se decide el equipo donde se desarrollará el proyecto, así como el software a utilizar en el mismo.

La plataforma de Hardware que se utilizó para la realización de este proyecto fue una PC 486 66Mhz con 16 MB de memoria y un módem de 14.4 k.

El software a utilizar fue VRML 1.0 mismo que fue instalado en una Silicon Graphics Indigo2 Extreme (192MB, 2Gb, 200MHz R4400). Como se utilizó el plano original de la tumba de Menna, se empleó el software Medit para representar la geometría implícita. La cantidad de detalle en el plan fuente indica que la geometría de la tumba es muy simple. Cada pared fue modelada como un

objeto separado permitiendo ligas entre ellas. Las paredes fueron combinadas en una escena dentro de Medit y el modelo final fue exportado a Open Inventor 2.0

### **1. Creación del Modelo Geométrico**

Posteriormente se prosiguió con el desarrollo del sistema; para esto era necesario reproducir las dimensiones de la tumba original, generando un esquema en 2D que pudiera ser escalado a 3D.

### **2. Aplicación de Texturas**

Una vez logrado esto y con la información recopilada anteriormente, es posible revestir las paredes del modelo con texturas (que en la mayoría de los casos era las mismas contenidas en las fotografías de 1933). En algunos casos, no se contaba con la geometría exacta de algunos puntos de la tumba, pero dichos huecos se lograron llenar con fotografías. La adecuación de las texturas al plano en 3D implica ciertas transformaciones elementales a las texturas para generar esa sensación de realidad del ambiente.

Aquí se tienen que hacer decisiones de diseño que implican estética y apariencia o su contraparte: performance; debido a que como las texturas consumían recursos, no era factible la carga de trabajo para el destino de la aplicación (mundo virtual con acceso vía Internet)

### **3. Adición de Detalles al Mundo**

En algunos casos concretos para el proyecto fue necesario agregar detalles decorativos que en el primer diseño no se contemplaban.

### **4. Creación de Material Suplementario**

A su vez se diseñó material adicional a la tumba que sugería interactividad con el usuario; para estos fines se recurrió a HTML.

Una vez que se han considerado todos estos aspectos, se procede a plasmar las ideas relativas al diseño en lo que será el sistema o ambiente virtual.

*Cabe destacar que no existe la documentación respecto a las pruebas o modificaciones a realizar, ni con respecto al proceso de análisis y diseño; es decir la elaboración de este sistema es meramente empírico.*

#### 2.2.4 VALORACION DEL PROYECTO

Para poder evaluar el cumplimiento de los objetivos propuestos para este proyecto se recurrió a varias técnicas: la primera fue formas de retroalimentación que arrojaron datos interesantes con los equipos de los usuarios; esto implicaba que el diseño de a quién se dirigía la aplicación no era considerado. Pero era evidente que cualquier técnica utilizada estaba dirigida a verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Dentro de las técnicas de evaluación que se consideraron para valorar dicho proyecto se encuentran: las formas de retroalimentación en línea, cuestionarios escritos, entrevistas y la identificación de ciertos aspectos y objetos en el sistema (con lo que probamos que el usuario realmente se haya acoplado al sistema).

Los resultados que arrojaron dichas técnicas para el proyecto en concreto, son los siguientes:

*El tamaño del diseño que se presentaba a los usuarios. Problema entre performance y amigabilidad.*

*El recorrido a lo largo del ambiente resultó sencillo.*

*Descubrimientos con las interfaces de diseño para las aplicaciones basadas en Internet, ya que éstas dependen de plataformas particulares y software específicos.*

*Determinar la población que interactuará con el ambiente, para poder generar evaluaciones acorde a dicha población.*

### 2.2.5 CONCLUSIONES

Este proyecto resulta ser una piedra angular en los ambientes virtuales basados en Internet, por lo que todo el desarrollo es valioso, tanto por las carencias evidentes, como por las ideas creativas que sugieren el uso de VRML para realizar modelos Virtuales en 3D. Debe considerarse de vital importancia el identificar las fases del proyecto y reforzarlas.

### 2.2.6 PROS

Se identifican los requerimientos funcionales del proyecto antes de diseñar o programar.

Se enfatiza en el diseño del ambiente virtual, lo que le permite ser físicamente más parecido a la realidad, haciendo uso de texturas y material suplementario como HTML.

Se analiza el propósito de la aplicación y cómo ésta será utilizada por el usuario. En general el análisis realizado por el equipo de trabajo es minucioso.

El ambiente generado resultó amigable, de gran interactividad y facilidad de entendimiento para el usuario.

Se utilizó un problema que permitía el desarrollo del proyecto a partir de un plano establecido y real.

El diseño es independiente de la plataforma, esto se debe a que la aplicación se basa en Internet.

Se considera la evaluación del proyecto, fundamental para saber si los objetivos fueron cumplidos.

Se contempla la evaluación del sistema, verificando que los requerimientos del usuario se satisfagan.



### 2.2.7 CONTRAS

No están bien delimitadas ni las etapas del proyecto ni los objetos utilizados.

No se especifica una documentación que permita la modificación de forma y de fondo en cada una de las etapas.

No existe una etapa de pruebas que permita modificar el contenido o la interacción del ambiente con el usuario, por lo que resulta artesanal realizar cualquier modificación.

No se cuenta con un plan de interactividad entre los elementos que constituyen el ambiente, esto implica que el programador tendrá que consumir tiempo en hacer decisiones referentes a la interactividad del sistema. A su vez no existe una parte en la que se especifiquen puntualmente las características de cada elemento, sus conductas, sus relaciones con otros elementos y su posición. Es decir el diseño cuenta con carencias que propician pérdidas de tiempo y de recursos.

El usuario requiere tanto de hardware como de software específico para la navegación en el ambiente virtual, lo que representa un inconveniente ya que la población a la que va dirigido queda limitada.

Otro problema es que posee un rango limitado de interacción, únicamente permite la navegación. Cuando se quiso probar para la educación, el proyecto original se tuvo que modificar creando una pequeña aplicación interactiva e incorporándola dentro del site de la tumba de Menna de forma empírica y precipitada.

No hay tratamiento amplio sobre la composición de equipo

## 2.3 PROYECTO DE KAHUN

El valor de este proyecto consiste en las técnicas que se emplearon o se improvisaron en la creación de un ambiente virtual que será usado para soportar el trabajo del Museo de Manchester.

Antes de la realización de cualquier actividad para el desarrollo del proyecto, el equipo de trabajo se topó con una contrariedad mayor: la falta de familiaridad del Staff educacional del museo, con las tecnologías asociadas a los ambientes virtuales; esto ocasionaba que el equipo encargado de analizar las áreas de oportunidad fuera incapaz de identificar problemas ajustables a la realidad virtual. Debido a esto, el desarrollo de este sistema de realidad virtual se dividió en tres etapas fundamentales:

- 1) Desarrollo de una fotografía rica referente al área del dominio
- 2) Propuesta de recursos para el posible ambiente virtual
- 3) Desarrollo y evaluación de prototipos con usuarios

### 2.3.1 DESARROLLO DE UNA FOTOGRAFIA RICA REFERENTE AL AREA DEL DOMINIO

En esta fase, básicamente se identifican los actores dentro del proyecto, que van desde las personas que realizan el análisis desde el punto de vista del tema de estudio(en este caso de Egipto), hasta los usuarios finales del sistema. Es importante destacar que debe existir una buena relación entre los expertos en el tema y los expertos programadores de RV, para que así se deduzca el área de oportunidad a abordar. Para cada uno de estos actores será necesario definir su rol y su responsabilidad.

En particular el museo enfoca sus actividades a niños de educación elemental, por lo que se debe estudiar a fondo el proceso de aprendizaje utilizado en el museo y que está destinado para los niños.

Para generar el ambiente virtual los miembros del equipo de trabajo observaron un fenómeno en toda su totalidad, esto implica conocer las actividades previas a la visita de un grupo cualquiera, así como las actividades durante la visita al museo.

De esta exhaustiva observación, se deduce la documentación suficiente y necesaria para transformar el fenómeno observado en un ambiente virtual.

Una vez que se conoce el fenómeno se plantean los objetivos que dicho proyecto deberá cumplir; éstos resultan muy importantes porque en ellos se basará la evaluación final.

### **2.3.2 PROPUESTA DE RECURSOS PARA EL POSIBLE AMBIENTE VIRTUAL**

Cuando ya se conoce el fenómeno o el área de estudio a trasladar a un ambiente virtual, se deberán considerar los elementos que representan dicho fenómeno y que formarán parte del ambiente.

Se debe decidir la plataforma en la que se desarrollará el ambiente, así como el formato en que se presentará (como por ejemplo Internet).

Una vez que estas consideraciones de diseño son abordadas, se comienza con el desarrollo de un prototipo del ambiente; que consta de dos partes: un modelo virtual del espacio delimitador del ambiente (que en sí podría ser el ambiente) y la definición o el modelado de los elementos que integrarán dicho ambiente

### **2.3.3 DESARROLLO Y EVALUACION DE PROTOTIPOS CON USUARIOS**

La implementación del ambiente se realiza con algunas herramientas: lenguajes de programación, y software modelador, entre otros.

Mientras que el desarrollo básicamente consta de la materialización del "diseño", la valoración final del sistema abarca puntos más precisos y exigentes: El prototipo se evaluará en dos partes, la primera se realizará de manera conjunta con los maestros, para comprobar que el ambiente cumpla con las expectativas de aprendizaje para sus alumnos; y la segunda se realiza por expertos egipólogos para verificar la autenticidad del ambiente, o mejor dicho para comprobar ¿qué tan real aparenta ser?.

#### **2.3.4 CONCLUSIONES**

Este desarrollo resulta ser aún más experimental que el anterior, pero enfatiza ciertos puntos que resultan clave para la conclusión del proyecto como el levantamiento exhaustivo de la información durante el análisis. En general, la metodología a usar es una prueba que servirá para reforzarse como metodología, aunque por lo mismo requiere de más de un proyecto para servir como tal.

#### **2.3.5 PROS**

Establecen objetivos claros y concisos que servirán para la delimitación de las actividades respectivas al proyecto; y además sirven para evaluar el proyecto de manera más eficaz.

Los requerimientos del sistema están enfocados totalmente a las expectativas del usuario.

Existe una etapa que contemple la evaluación del ambiente, y que está basado en las opiniones de expertos en el área donde se desarrolla el sistema, así como en las opiniones de los usuarios.

Eligen al momento del diseño, una plataforma en la que se desarrollará todo el sistema permitiendo la independencia entre la metodología y la plataforma a utilizar.

### 2.3.6 CONTRAS

Las etapas son ambiguas y no delimitan bien sus responsabilidades, sus entregables y los tiempos.

No se diseña la arquitectura de hardware y software sobre la cual correrá el ambiente.

Carece de una etapa de planeación en la cual se establezcan tiempos de entrega, de culminación de etapas y tiempos de holgura.

No existe énfasis en documentar todo el proyecto de manera ordenada y sistemática por lo que no existe un estándar dentro de la creación de objetos.

No existen entregables al final de cada etapa, además no se utilizan diagramas que permitan al desarrollador un mejor entendimiento del ambiente.

El diseño del ambiente no abarca aspectos de fondo que aporten eficiencia en el manejo de los tiempos para el proyecto.

No tienen etapas de pruebas que permitan modificar el contenido del ambiente para cumplir con los objetivos planteados.

## 2.4 VIRTUDES Y LIMITACIONES ENCONTRADAS EN LAS METODOLOGÍAS ESTUDIADAS

Las tres metodologías explicadas anteriormente, representan formas de desarrollar ambientes virtuales.

Sin embargo, aunque las metodologías difieren entre sí, no poseen ventajas y desventajas similares que permitan generalizar deficiencias comunes. A pesar de esto las principales virtudes y limitaciones encontradas en las metodologías se reducen a:

### 2.4.1 VIRTUDES

1. Todas las metodologías establecen objetivos claros y concisos que servirán para delimitar las actividades referentes al proyecto.
2. Aunque no se encuentren bien delimitadas las etapas, se contempla una fase de análisis a la cual se le asigna un porcentaje significativo del proyecto. Este aspecto es fundamental debido a que el diseño del sistema estará en función de esta fase.
3. Se contempla la evaluación del ambiente, basada en las opiniones de expertos en el área donde se desarrolla el sistema y en las opiniones de los usuarios.

### 2.4.2 LIMITACIONES

1. Las etapas con las que constan las metodologías no se encuentran bien delimitadas, lo que origina cierta confusión y ambigüedad en la asignación de responsabilidades, tareas y fechas de terminación.
2. No existe documentación asociada a cada una de las etapas, lo que dificulta realizar cualquier modificación al igual que recrear dicho ambiente en otra plataforma.

3. Algunas metodologías dependen de la plataforma, lo que hace imposible reproducir un ambiente en una plataforma diferente, limitando la generalidad de la metodología.
4. La forma en que se definen todos los objetos que conforman un ambiente virtual, no es clara a la vista de los programadores los cuales invierten tiempo en "interpretar" dicha definición, sería preferible contar con una herramienta gráfica que facilite el entendimiento de los objetos y las relaciones de los mismos.
5. No existe una etapa de pruebas que haga flexible el diseño del ambiente es decir, carece de un método que permita conocer si se cumplen o no los objetivos iniciales o modificar el ambiente para lograrlo.
6. En la etapa de diseño no se contempla la interactividad óptima del ambiente virtual.
7. La etapa de diseño carece de una técnica estandarizada para la creación de los objetos de tal manera que lleva más tiempo de lo esperado la creación de los mismos. Si se tuviera una forma ordenada para la construcción de los objetos, resultaría más fácil tanto su creación como modificación teniendo la certeza de que cumplen con los estándares propuestos dentro de la metodología.
8. En ninguna de las metodologías existe un método para evaluar cualitativamente el desempeño del ambiente, ni una forma que nos indique si satisface o no las expectativas planteadas al inicio del mismo.
9. No existe una herramienta (manuales, interactiva) que permita al usuario conocer el funcionamiento del ambiente a fin de mejorar la interacción con el mismo.

## CAPITULO 3

# PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA

La presente metodología es el resultado de la investigación realizada en el capítulo anterior, dicha investigación nos permite concluir que las metodologías previas presentan a los componentes que forman al ambiente virtual como objetos gráficos y no gráficos, especificando sus atributos inherentes como el color, la textura, el tamaño, el número de lados, las asociaciones que existen entre los objetos y su comportamiento, entre otros. Otro aspecto a considerar es que “vivimos en un mundo de objetos, estos objetos pueden ser clasificados, descritos, organizados, combinados, manipulados y creados. Por esto no es sorprendente que se proponga una visión orientada a objetos para la creación de software de computadora, una abstracción que modela el mundo de forma tal que nos ayuda a entenderlo y gobernarlo mejor”.<sup>11</sup> Todo esto, nos permite deducir que para la creación de ambientes virtuales es posible utilizar una metodología orientada a objetos.

Para tal labor, se revisaron varias metodologías orientadas a objetos con el fin de que la propuesta tuviera como fundamento los principios de las metodologías orientadas a objetos más robustas como la de Booch, Coad y Yourdon, Jacobson y Rumbaugh.

Las metodologías orientadas a objetos contemplan la parte del análisis y el diseño. El Análisis orientado a objetos (AOO) se basa en un conjunto de principios básicos. Para construir un modelo de análisis se aplican los siguientes cinco principios: 1) Se modela el dominio de la información; 2) Se describe la función del modelo; 3) Se representa el comportamiento del modelo; 4) Los modelos se dividen para mostrar más detalles; 5) Los modelos iniciales representan la esencia del problema mientras que los últimos aportan detalles de

---

<sup>11</sup> Pressman, Roger. Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. 4ª edición. Ed. Mc Graw Hill..p.p. 367.



la implementación.<sup>12</sup> El diseño orientado a objetos transforma el modelo de análisis creado en un modelo de diseño que sirve como un anteproyecto para la construcción del software. El Diseño Orientado a Objetos (DOO) debe describir la organización de datos específicos, de atributos y los procedimientos.

Existen numerosas metodologías OO; cada una de ellas introduce un proceso para el análisis del producto, un conjunto de modelos que evoluciona fuera del proceso y una notación que posibilita al ingeniero del software crear cada modelo de una manera consistente.

Los métodos de análisis orientados a objetos permiten al ingeniero del software modelar un problema a través de la representación de objetos, atributos y operaciones como las componentes primarias del modelado. Una amplia variedad de métodos de análisis orientado a objetos se han propuesto, pero todos ellos poseen un conjunto de características comunes: 1) representación de clases o jerarquías de clases 2) creación de modelos de objeto-relación 3) derivación de modelos objeto-comportamiento.

El proceso de AOO comienza con la definición de casos de uso, escenarios que describen cómo se debe usar el sistema OO. Posteriormente se emplea la técnica de modelado clase-responsabilidad-colaborador CRC a las clases, sus atributos y operaciones. La etapa siguiente es la clasificación de los objetos y la creación de una jerarquía de clases. Suelen utilizarse subsistemas para encapsular objetos relacionados. El modelo objeto-relación nos indica cómo interconectar una clase con otras y el modelo objeto-comportamiento indica el comportamiento de objetos individuales y el comportamiento global del sistema OO.

Para la etapa del diseño, aunque las metodologías propuestas por Booch, Coad y Yourdon, Jacobson y Rumbaugh entre otros, difieren en algunos aspectos, se pueden observar procesos generales aplicables a todos ellos como son:

---

<sup>12</sup> Ibid.

- Descripción de cada uno de los subsistemas de manera que se puedan implementar
  - Asignar subsistemas a procesos y tareas
  - Elegir una estrategia de diseño para la implementación de la gestión de datos, soporte a interfaz y la gestión de tareas
  - Diseñar un mecanismo apropiado de control para el sistema
  - Revisar y considerar intercambios
- Diseño de objetos
  - Diseñar cada operación a nivel procedimental
  - Definir toda clase interna
  - Diseñar estructuras de datos internas para los atributos de clase
- Diseño de mensajes
  - Diseñar el modelo de mensajes a partir del uso de colaboraciones entre objetos y objeto-relación
  - Revisión del modelo de diseño e iterar siempre que sea necesario.

### **3.1 ALCANCES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA**

La metodología que se propone en este trabajo de tesis, basándose en las metodologías mencionadas anteriormente, pretende alcanzar los siguientes objetivos:

1. Definir los objetivos a alcanzar del ambiente virtual.
2. Delimitar cada una de las etapas que forman parte de la metodología, especificando subetapas y documentos entregables de cada una de ellas; que servirán como documentación final del sistema.
3. Enfatizar en la etapa de planeación considerando fundamental el diseño del sistema para el óptimo desarrollo del sistema.

4. Hacer uso de diagramas y esquemas que faciliten la definición e interpretación de cada uno de los objetos que conforman al sistema con el fin de que el programador interprete rápidamente las relaciones que guardan los objetos entre sí.
5. Establecer una etapa en la cuál se definan los procesos a seguir en el desarrollo del proyecto, al igual que los responsables de cada uno de los procesos.
6. Considerar documentación (escrita o interactiva) tutorial, que permita al usuario comprender mejor el funcionamiento del sistema, propiciando una mejor interacción entre el usuario y el sistema.
7. Explotar hasta cierto nivel de detalle el funcionamiento del ambiente, desde la definición de los objetos que lo forman, la funcionalidad, el performance, la interacción, el grado de realidad que asemeja.
8. Buscar que la etapa en la que se lleve a cabo el diseño del sistema, sea independiente de la plataforma, para tratar en lo posible que el ambiente sea portable.
9. Definir una etapa formal de pruebas que permita un desarrollo recursivo del sistema, hasta cumplir con los objetivos planteados.
10. Usar o innovar técnicas de evaluación que permitan valorar al ambiente, desde perspectivas objetivas y bien fundamentadas.
11. Lograr que esta metodología alcance un grado de generalidad que permita ser aplicada en cualquier caso de estudio.

Las etapas que tendrá la metodología, de acuerdo al ciclo de vida del software, el conjunto de todas las actividades y productos necesarios para el desarrollo de un sistema<sup>13</sup> para lograr estos objetivos son:

- Planeación
- Análisis
- Diseño
- Desarrollo
- Pruebas

### 3.2 PLANEACION

Una vez que han sido identificados y examinados los requisitos, comienzan en paralelo las actividades de diseño preliminar y las de planificación de las pruebas. La naturaleza concurrente de las actividades de la ingeniería del software conducen a un importante número de requisitos de planeación. Debido a que las tareas paralelas se suceden de forma asíncrona, el planificador debe determinar las dependencias entre tareas, para asegurar el progreso continuo hasta la terminación. Además el director del proyecto debe estar consciente de cuáles son las tareas que están en el camino crítico, es decir, las tareas que tienen que terminarse a tiempo para que el proyecto se termine a tiempo.<sup>14</sup>

Para la creación de cualquier ambiente se debe contemplar una distribución recomendada de esfuerzos entre las distintas fases de definición y desarrollo. Esta distribución, denominada a veces como 40-20-40 pone un mayor énfasis en las tareas iniciales de análisis, diseño y en la tarea terminal de prueba.

---

<sup>13</sup> Bruegger, Bernd, Dutoit, Allen. Object-Oriented Software Engineering. Conquering Complex and Changing Systems. Prentice Hall. 2000, p.p. 528.

<sup>14</sup> Pressman, Roger S. Ingeniería de Software: Un enfoque práctico. Mc Graw Hill. 3era edición. 1993. P-P. 112

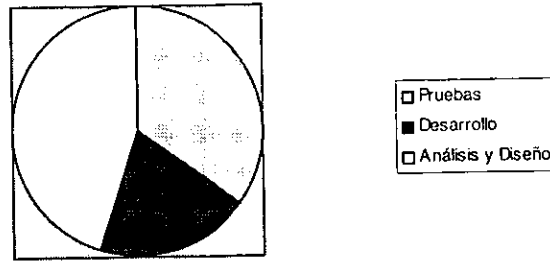


Figura 3.1 Diagrama de Fases

Esta distribución se sugiere como una directriz; es decir, las características de cada proyecto serán las que impongan la distribución del esfuerzo.

El esfuerzo requerido en la planificación del proyecto raramente abarca más del 3%, mientras que fases como el análisis o el diseño comprenden entre el 30% y 40% del esfuerzo respectivamente. En cuanto a la codificación del sistema se destina entre el 15% y 20% del esfuerzo global y por último las pruebas requieren de un 30% a un 40% de esfuerzo.

### 3.2.1 DIAGRAMA DE TIEMPOS

Esta herramienta permite llevar un seguimiento de tiempos controlado de las actividades a realizar a lo largo del proyecto. El eje vertical representa las actividades que comprenden, el eje horizontal representa la duración en días, semanas o meses que tendrá cada actividad.

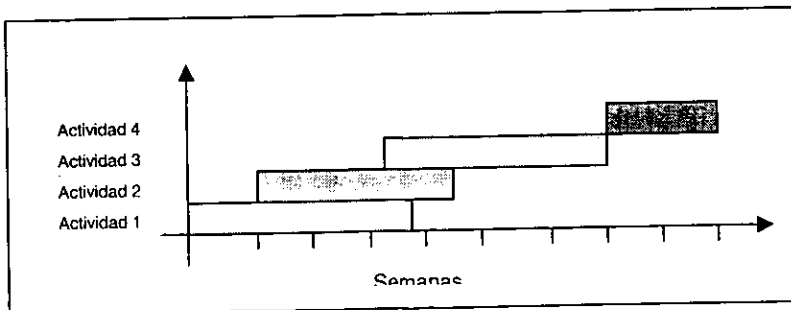


Figura 3.2 Diagrama de Tiempos

### 3.2.2 TABLA DE ASIGNACION DE RECURSOS

Contiene la información de seguimiento y control de todas las tareas que se involucran en el desarrollo del ambiente. Incluye los instantes de comienzo y terminación de las tareas, el esfuerzo de trabajo a aplicar, tiempo de holgura, el tipo de tarea y los recursos asignados.

Tabla 3.1 Tabla de Asignación de Recursos

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de inicio tardío	Fecha de terminación	Fase a la que pertenece	Duración (días)	Responsable	Entregable	Estado
Junta con usuario	120600	180600	250600	Análisis	5	Paulina Aguirre	Minuta de la junta	completa

Esta tabla complementa al diagrama de tiempos y sirve como control para administrar los recursos del proyecto, enfrentar los problemas que se susciten, y dirigir al personal del proyecto.

### 3.2.3 METRICAS DEL PROYECTO

Como una consideración adicional se encuentra el problema de determinación de costos y tiempos de todas las actividades involucradas en un proyecto. Asumiendo que no existe una amplia aceptación de una técnica en específico, a continuación se mencionan algunas de las técnicas existentes para dichos fines:

#### 1. Métricas orientadas al tamaño

“Las métricas del software orientadas al tamaño provienen de la normalización de las medidas de calidad y/o productividad considerando el tamaño del software que se haya producido”<sup>15</sup>. Los datos útiles para dicha métrica son las líneas de

<sup>15</sup> Pressman, Roger. Ingeniería del Software. Un enfoque práctico. Mc Graw Hill. 4ª edición. P.p. 56

código, horas-hombre, costo, páginas de documentación, errores encontrados antes de la entrega del software, errores encontrados después de la entrega del software (defectos) y personas involucradas en el proyecto.

Debe tenerse en cuenta que el esfuerzo y costo incluyen todas las actividades de Ingeniería de Software, (Análisis, Diseño, Desarrollo y Pruebas) y no sólo el Desarrollo.

Con base en los datos de entrada se puede generar por cada proyecto un conjunto de métricas simples orientadas al tamaño:

- Errores por KLDC (Miles de líneas de código)
- Defectos por KLDC
- Pesos por LDC
- Páginas de documentación por KLDC
- Errores/Horas-Hombre
- LDC por persona al mes
- Pesos por página de documentación

## 2. Métricas orientadas a la Función

Las métricas del software orientadas a la función miden el desarrollo del software mediante la funcionalidad del mismo. Como no se puede medir directamente la funcionalidad, se utilizan medidas directas siendo la más común los puntos de función. Los puntos de función representan la relación entre los requerimientos funcionales y las evaluaciones de la complejidad del software<sup>16</sup>.

Los datos útiles para dicha métrica son número de entradas de usuario, número de salidas de usuario, número de peticiones de usuario, número de archivos y número de interfaces externas.

Para cada actividad del proyecto, se asigna un número de puntos de función (normalmente se enumeran del 1 al 5) dependiendo de la complejidad de ésta.

El conjunto de métricas obtenidas mediante esta técnica se enumera a continuación:

- Errores por PF (Puntos de Función)
- Defectos por PF
- Pesos por PF
- Páginas de documentación por PF
- PF por horas-hombre

Cabe señalar que ninguna de las técnicas descritas anteriormente han sido aprobadas en su totalidad, pero significan un punto de partida para el apoyo en el pronóstico de los tiempos y costos involucrados en el desarrollo del proyecto y del software.

No existen acuerdos en cuanto a cómo definir el costo y el tiempo que tomará la elaboración del proyecto por lo que cada desarrollador empleará la técnica que se adapte a su forma de trabajo.

### **3.2.4 INTEGRACION DEL EQUIPO DE DESARROLLO**

Para la elaboración ideal de un proyecto, el equipo encargado del desarrollo, debe reunir ciertas características y cubrir algunos roles estratégicos.

#### **Características**

El equipo de trabajo deberá ser multidisciplinario para poder cumplir con las expectativas del usuario. Esto se debe a que en la mayoría de los proyectos de realidad virtual, la disciplina a la que pertenece el sistema puede ser completamente ajena a la ingeniería. Por tal razón deberá haber un experto en el tema que aporte su experiencia y asesore a los expertos desarrolladores en Realidad Virtual.

---

<sup>16</sup> *ibid* p.p. 57



El equipo de trabajo estará representado por un Coordinador quien se encargará de las labores de gestión del proyecto, y de representación ante el usuario.

## **Roles**

El equipo de trabajo debe ser tal que, como equipo, tenga la preparación en el dominio completo del sistema, en Realidad Virtual, en el desarrollo de sistemas, en la parte visual (diseño gráfico y arquitectura), en la interpretación y generación de los documentos de cada una de las etapas.

Existen al menos tres roles que deberán contemplarse en la selección del equipo:

### **1. Líder del equipo**

Se asigna a aquella persona que tiene las habilidades humanas de organizar y ejecutar el proyecto siguiendo las restricciones implícitas del mismo. Además debe tener el conocimiento necesario para valorar y evaluar el resultado de las actividades y de las personas que integran el equipo. Sus principales labores son: labores de gestión, de planeación y de distribución de trabajo.

### **2. Desarrollador**

Está involucrado con las labores de especificación, diseño y construcción de sistemas y subsistemas. Los especialistas que asumen este rol son: el analista, el arquitecto del sistema, el diseñador del sistema y el desarrollador. Las principales labores de este rol incluyen: el diseño del sistema, el diseño de las partes visuales, la funcionalidad del sistema, el diseño gráfico de los objetos y la funcionalidad de los objetos.

### **3. Consultor**

Se encarga de proveer soporte temporal en áreas donde los participantes del proyecto carecen de experiencia. Por lo general, los expertos de la rama sobre la que se desarrolló el sistema son candidatos idóneos para ocupar este rol, al igual que los usuarios del mismo.

### 3.3 ANÁLISIS

La fase del análisis constituye el punto de partida en la creación de un ambiente virtual, ya que se levantan los requerimientos y se lleva a cabo una retroalimentación con el futuro usuario del sistema, para asegurar que lo que se modele y diseñe esté apegado a la realidad de los requerimientos del usuario.

El análisis se puede separar en dos etapas fundamentales: **el levantamiento de requerimientos**, que es un proceso de interacción con el usuario para detectar las necesidades de éste y que genera la primer especificación del sistema a desarrollar (Modelo de Especificación del Sistema); y **el modelado del Análisis**, que puede considerarse como la parte formal de esta fase, que toma la especificación del sistema y genera el Documento de Análisis de Requerimientos.

#### 3.3.1 LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS

La labor de levantar requerimientos, por muy obvia que resulte, es significativa para el completo desarrollo del ambiente; dado que el equipo desarrollador entiende la conceptualización que tiene el usuario acerca del ambiente a realizar para así poder implementar un sistema apegado a la realidad.

El levantamiento de requerimientos contempla la realización de las siguientes actividades:

Identificación de Actores

Identificación de Escenarios

Identificación de Casos de Uso

Identificación de Relaciones entre Caso de usos

Identificación de Objetos

Identificación de Requerimientos no funcionales

## 1. Identificación de Actores

Los actores representan entidades externas que interactúan con el sistema. Un actor puede ser humano o un sistema externo.

Un ejemplo aplicado a la Realidad Virtual puede ser el usuario y la base de datos que interactúan en una biblioteca virtual.

## 2. Identificación de escenarios

Para conocer el funcionamiento de cada una de las partes del sistema, se requiere incluir todos los procesos y actores que componen a las mismas, por tal motivo, se utilizan escenarios.

“Un escenario es una descripción concreta, informal y enfocada a una sola característica del sistema desde el punto de vista de un solo actor”<sup>17</sup>.

Por cada escenario considerado para el sistema, se deberá generar una descripción con la siguiente información:

Tabla 3.2 Plantilla para la documentación de Escenarios

<b>Nombre del Escenario</b>	Deberá ser único, para no causar ambigüedades
<b>Actores Participantes</b>	Entidades que forman parte del escenario
<b>Flujo de Eventos</b>	Descripción paso a paso del funcionamiento del escenario

Un ejemplo de un escenario podría ser la construcción de edificios virtuales o la simulación de una cirugía.

## 3. Identificación de Casos de Uso (Use Case)

Una vez que se tienen identificados todos los escenarios posibles para una función específica del sistema, los desarrolladores, deberán generalizar el comportamiento de dicho módulo para contemplar todos los posibles escenarios.

<sup>17</sup> Ibid, p.p. 108

A este proceso de abstracción de los escenarios se le conoce como Caso de Uso.

La definición de los casos de uso facilita tanto al usuario, como al equipo desarrollador, el entendimiento de los requerimientos levantados; de tal manera que si no se contempló algún escenario posible para un caso específico, en este punto se puede refinar el mismo y por consiguiente los requerimientos en general.

Con el fin de que los requerimientos sean los más fieles a la realidad del sistema, se deberá generar documentación por cada caso de uso.

Tabla 3.3 Plantilla para la documentación de Caso de Uso

<b>Nombre del Caso de uso</b>	Identificador único del caso de uso
<b>Actores Participantes</b>	Actor iniciador del caso de uso Demás actores involucrados en el proceso
<b>Condiciones de Entrada</b>	Qué valores requiere el caso de uso para iniciarse
<b>Flujo de Eventos</b>	Descripción de los procesos que se generan en el caso de uso
<b>Condiciones de Salida</b>	Que factores deben cumplirse antes de terminar el caso de uso
<b>Requerimientos Especiales</b>	Aspectos de funcionamiento adicionales

Un caso de uso puede ser la especificación de una cirugía, explicando el flujo de eventos así como los actores que participan en él.

#### 4. Identificación de relaciones entre actores y caso de uso

Las relaciones de comunicación entre actores y casos de uso se utilizan para describir el sistema en capas de funcionalidad. Existen básicamente dos tipos de relación:

**Relaciones entre actores y casos de uso:** Estas relaciones definen los actores que participan en un caso de uso.

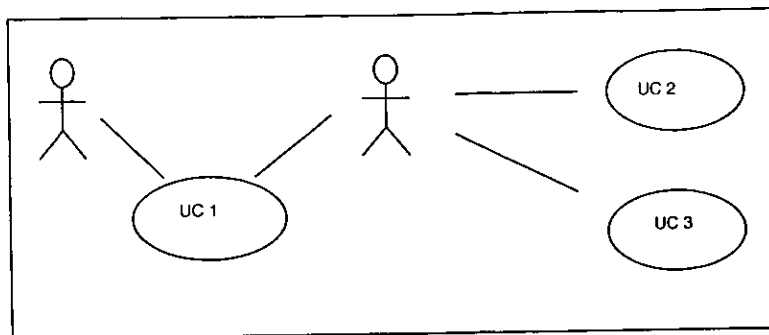


Figura 3.3 Diagrama CASO DE USO para simbolizar la relación entre un caso de uso y un actor

**Relaciones entre casos de uso:** Cuando un caso de uso debe incluir la conducta de otro caso de uso bajo ciertas condiciones, se dice que existe una relación de extensión.

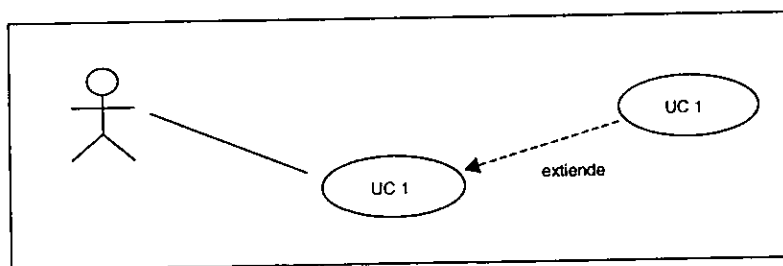


Figura 3.4 Diagrama CASO DE USO para simbolizar la relación

Una forma de detectar cuando utilizar este tipo de relaciones, es cuando un caso de uso tiene conductas excepcionales u opcionales

En Realidad Virtual, una relación entre dos casos de uso pudiera ser la existente entre el caso de uso paseo virtual por un museo y el caso de uso información del

museo, en el cual un usuario que visite el museo podrá hacer uso de la base de datos del museo para conocer o buscar la información deseada.

## 5. Identificación de objetos

Todos los componentes que se tienen, se manejan como objetos mismos que se deben documentar. Los objetos participantes corresponden a los conceptos principales en el dominio de la aplicación. Estos objetos se incluyen dentro de un glosario.

El glosario, deberá incluir el nombre de cada uno de los objetos y su descripción (la cual deberá estar libre de ambigüedades y será sencilla)

## 6. Identificación de requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales pueden levantarse al investigar los siguientes puntos:

- **Interfaz del usuario y factores humanos:** ¿Qué clase de interfaz el sistema debe proveer? En Realidad Virtual, las interfaces ya se conocen y tienen características específicas por lo que sólo se requiere decidir cuáles de ellas se utilizarán, ¿Cuál es el nivel de experiencia de los usuarios? Una de las facilidades de la Realidad Virtual es que no se requiere experiencia en este tipo de sistemas.
- **Documentación** ¿Qué nivel de documentación es requerido? ¿Deberá ser provista únicamente documentación del usuario o también documentación técnica? ¿Deberá ser documentado el proceso de desarrollo?
- **Consideraciones de hardware** ¿Existen requerimientos de compatibilidad de hardware? ¿El sistema se comunicará con otros sistemas?
- **Características de rendimiento** ¿Cuántos usuarios concurrentes soportará? ¿Cuál es una carga típica o una carga extrema?
- **Manejo de errores y condiciones extremas** ¿Cómo deberá el sistema manejar excepciones? ¿Cuáles excepciones deberá manejar el sistema? ¿Cuál es el peor ambiente en el que puede correr el sistema?

- **Temas de calidad** ¿Qué tan confiable, disponible y robusto deberá ser el sistema?
- **Modificaciones del sistema** ¿Cuál es el alcance anticipado de los futuros cambios? ¿Quién realizará dichos cambios?
- **Ambiente físico** ¿Dónde se publicará el sistema? ¿Existen factores externos tales como condiciones ambientales que deberán ser considerados para el sistema? Por lo general, este tipo de sistemas se desarrollan en entornos limitados y similares.
- **Temas de seguridad** ¿Deberá el sistema ser protegido en contra de usuarios maliciosos? ¿A qué nivel?

### 3.3.2 MODELADO DEL ANÁLISIS

Una vez que se han levantado los requerimientos del sistema, los desarrolladores deberán formalizar toda la información requerida, cotejarla con el usuario y redefinirla en caso de ser necesario, hasta conseguir estabilizar el análisis como documento final.

Las actividades que se realizan en esta etapa son las siguientes:

1. Identificación de Objetos
2. Modelado las interacciones entre objetos: Diagramas de Secuencia
3. Identificación de Asociaciones
4. Identificación de Atributos
5. Modelado de conductas no triviales para Objeto Individuales

#### 1. Identificación de Objetos

La información recopilada en el levantamiento de requerimientos se utiliza como punto de partida para esta actividad, todos los componentes que intervienen en los casos de uso se pueden englobar en el concepto de objetos y a su vez clasificarlos según su rol dentro del caso de uso.

Los objetos se representan gráficamente por medio de un recuadro que contiene su nombre y el tipo de objeto que representa

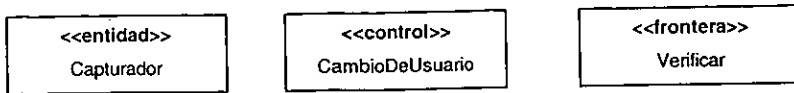


Figura 3.5 Representación de los objetos

### ***Identificación de Objetos Entidad***

Representan información persistente dentro del sistema. En general son los objetos que participan directamente dentro del sistema; es decir, los actores del mismo.

Ejemplos de objetos entidad son los residentes de medicina que utilizan un sistema virtual que simula una cirugía, así como el piloto en un sistema de simulación de vuelo.

### ***Identificación de Objetos Frontera***

Las interacciones entre los actores y el sistema entran en esta categoría.

Objetos frontera pueden ser el mapa en un paseo virtual por un museo, o un directorio utilizado en una escuela virtual.

### ***Identificación de Objetos de Control***

Esta clase de objetos es abstracta ya que representa ciertas tareas que se deben realizar entre los actores y el sistema.

Al finalizar esta identificación, se deberá generar la documentación de todos los objetos identificados, por medio de la siguiente plantilla:



Tabla 3.4 Plantilla de Objetos

<i>Nombre del Objeto</i>	<i>Descripción</i>
	Alcances e información detallada acerca de su rol en el caso de uso, tales como las labores que realiza, en que punto del caso de uso interviene, etc.

Un objeto de control puede ser el objeto consulta que realice una búsqueda en la base de datos de una biblioteca de acuerdo a los requerimientos del usuario dentro de una Biblioteca Virtual.

## 2. Modelado de Interacciones entre Objetos

La herramienta gráfica que permite visualizar la relación entre objetos y casos de uso son los Diagramas de Secuencia que muestran ¿cómo se distribuye la conducta de un caso de uso entre los objetos participantes?. Permite a los desarrolladores encontrar objetos faltantes o áreas de oportunidad en el sistema.

El diagrama consta de columnas que representan tanto a los actores como los objetos de control y frontera; de bloques verticales que simbolizan la duración en el tiempo, y de flechas que sirven para representar los mensajes entre los diversos objetos del sistema.

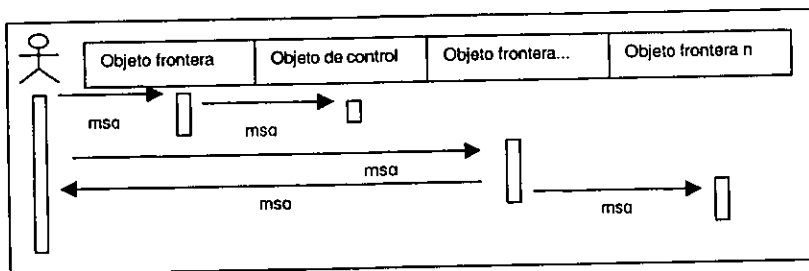


Figura 3.6 Diagrama de Secuencia

Todo diagrama de secuencia deberá seguir con las siguientes recomendaciones:

- La primera columna deberá corresponder al actor que inicia el caso de uso
- La segunda columna deberá ser un objeto frontera (que usa el actor para iniciar el caso de uso)
- La tercera columna deberá ser el objeto de control que maneja el resto del caso de uso
- Los objetos de control son creados por los objetos fronteras que inician el caso de uso
- Los subsecuentes objetos frontera son creados por los objetos de control
- Los objetos de entidad son accedados por objetos de control y frontera
- Los objetos de entidad nunca accesan objetos de control o frontera

En esta fase de análisis estos diagramas se utilizan para ayudar a identificar nuevos objetos participantes y conductas que no habían sido contempladas.

### 3. Identificación de Asociaciones

Una asociación muestra la relación entre dos o más objetos. Para representar las relaciones se utiliza el diagrama de objetos.

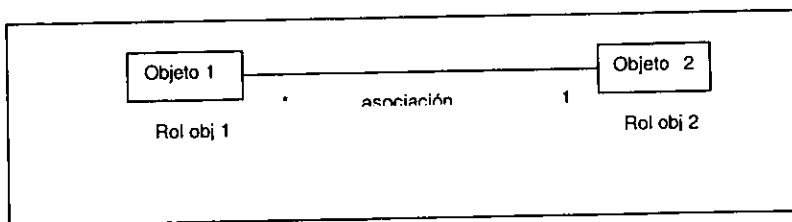


Figura 3.7 Diagrama de Objetos

Toda asociación, deberá tener las siguientes propiedades:

- Un nombre, que describa la asociación entre dos clases (siempre es un verbo)
- Un rol para cada una de las clases, que identifique la función de cada clase con respecto a la asociación
- Multiplicidad por parte de cada clase, identificando el posible número de instancias que una clase puede tener con la asociación de la otra.

#### 4. Identificación de Atributos

Los atributos son propiedades de objetos individuales y son sensibles al contexto del sistema; es decir, aunque existen un sin número de propiedades inherentes a un objeto, sólo deben identificarse aquellas que serán utilizadas por el sistema.

Cada atributo se deberá documentar con la siguiente información:

Tabla 3.5 Plantilla para documentación de atributos

Nombre	Identifica de manera única el nombre
Descripción	Breve narrativa que define al atributo
Tipo	Valores válidos que puede tomar dicho atributo

Los atributos de un objeto perteneciente a un ambiente virtual son la gravedad, el tamaño, la textura, la iluminación que posee entre otros.

#### 5. Modelado de conductas no triviales para Objetos Individuales

Cuando el equipo de desarrollo del sistema nota que la presencia de uno de los objetos se requiere en un caso de uso, se necesita representar la totalidad de estados que pueda tener. Todos los estados de un objeto se representan a través de un diagrama de estados.

Cabe señalar que estos diagramas sólo se recomiendan construir para objetos que intervengan en todo el caso de uso y sean primordiales para el sistema.

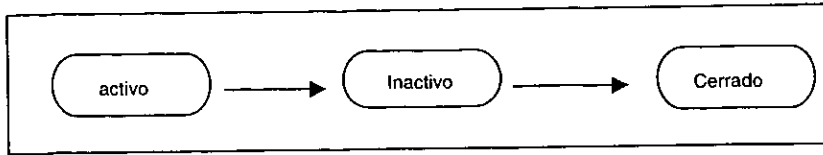


Figura 3.8 Diagrama de Estados

### 3.3.3 Documento de Análisis de Requerimientos

El resultado de la etapa de análisis es un documento, que se denominará **Documento de Análisis de Requerimientos**, incluirá la información levantada por el equipo desarrollador, mostrando el avance de la fase de análisis desde las descripciones simples del funcionamiento del sistema hasta la definición formal de todos los componentes del mismo.

Todo el proceso de Análisis, es un proceso iterativo en el cual el equipo desarrollador corrobora la información levantada y el usuario la valida con sus requerimientos. Cuando finalmente ese proceso iterativo madura; es decir la cantidad de modificaciones sobre todos los requerimientos es mínima, se genera este documento como el primer entregable del sistema.

Este documento describe completamente el sistema en términos de requerimientos funcionales y no funcionales.

#### Plantilla del Documento de Análisis de Requerimientos

- I. Introducción
  - 1.1. Propósito del Sistema
  - 1.2. Alcance del Sistema
  - 1.3. Objetivos y criterio para calificar el Proyecto
2. Sistema Propuesto
  - 2.1. Resumen
  - 2.2. Requerimientos Funcionales
  - 2.3. Requerimientos No Funcionales
    - 2.3.1. Interfaz del usuario y factores humanos
    - 2.3.2. Documentación
    - 2.3.3. Hardware
    - 2.3.4. Características de Rendimiento
    - 2.3.5. Modificaciones al Sistema
    - 2.3.6. Temas de Seguridad

## 2.4. Modelos del Sistema

### 2.4.1. Escenarios

### 2.4.2. Modelo Caso de uso

### 2.4.3. Modelo de Objetos

### 2.4.4. Modelo de Asociaciones

### 2.4.5. Identificación de Atributos

### 2.4.6. Modelo de conductas no triviales para objetos individuales

Esta plantilla consta de dos secciones:

- I. Es una introducción al sistema y en la cuál se sientan las bases para el desarrollo del sistema.
- II. Documenta la fase de Análisis del nuevo sistema, y esta dividido en 4 sub- secciones:
  - Resumen Presenta una explicación general del funcionamiento del sistema
  - Requerimientos Funcionales Describe en lenguaje natural la funcionalidad de alto nivel del sistema
  - Requerimientos No Funcionales Describe los requerimientos a nivel de usuario que no interfieren de manera directa con el funcionamiento de éste.
  - Modelos del sistema Describen los escenarios, caso de usos, modelo de objetos y modelos dinámicos que definen al sistema. Esta sección contiene la completa especificación funcional del sistema.

## 3.4 DISEÑO

Esta etapa se considera crucial en el desarrollo de un ambiente virtual, ya que toda la información obtenida en la fase de análisis se transforma en un modelo formal que cumpla con los requerimientos funcionales y a la vez que sea posible implementar.

El diseño del sistema se divide en 2 actividades: diseño del sistema y diseño del mundo.

### 3.4.1 DISEÑO DEL SISTEMA

Esta actividad busca especificar metas de diseño, basándose en ciertos criterios y en las especificaciones del usuario.

#### 1. Identificación de las metas del diseño

La definición de las metas es el primer paso en el diseño del sistema. Identifica las cualidades en las que el sistema se debe enfocar. Algunas metas pueden inferirse de los requerimientos no funcionales, del usuario o de las aplicaciones.

Existen cuatro criterios que facilitan la identificación de dichas metas, rendimiento, costo, mantenimiento y criterios del usuario final.

#### □ Criterios de rendimiento

Incluyen los requerimientos de velocidad y espacio definidos en el sistema.

Criterio de diseño	Definición
Tiempo de respuesta	¿Qué tan rápido el sistema responde a la petición del usuario?
Salida	¿Cuántas operaciones puede el sistema completar en un periodo de tiempo fijo?
Memoria	¿Cuánto espacio requiere el sistema para correr?

□ **Criterios de costo**

Incluyen el costo del desarrollo del sistema, su liberación y su administración. Los criterios de costo no sólo incluyen las consideraciones del diseño, sino también abarca el costo de las transiciones hacia un nuevo sistema.

<b>Criterios de diseño</b>	<b>Definición</b>
Costo de Desarrollo	Costo del desarrollo del sistema inicial
Costo de Liberación	Costo de la instalación inicial del sistema y la capacitación de los usuarios
Costo de Actualización	Costo de trasladar los datos desde un sistema anterior. Este criterio resulta de los requerimientos de compatibilidad anteriores.
Costo de Mantenimiento	Costo requerido para mejorar el sistema
Costo de Administración	Costo requerido para administrar el sistema

□ **Criterios de Mantenimiento**

Determinan qué tan difícil resulta el cambiar el sistema después de la liberación.

<b>Criterios de Diseño</b>	<b>Definición</b>
Portabilidad	¿Qué tan factible es el migrar el sistema a otra plataforma?
Legibilidad	¿Es fácil entender el sistema leyendo el código?
Rastreo de los requerimientos	¿Qué tan fácil resulta mapear el código a requerimientos específicos?

□ **Criterios de Usuario Final**

Incluye las cualidades que son deseables desde el punto de vista del usuario y que no han sido especificada por algún criterio anterior.

<b>Criterios de Diseño</b>	<b>Definición</b>
Utilidad	¿Qué tan bien soporta el sistema el trabajo del usuario?
Facilidad de uso	¿Qué tan fácil resulta para el usuario utilizar el sistema?



### 3.4.2 DOCUMENTO DEL DISEÑO DEL SISTEMA

El documento del diseño del sistema (DDS) describe las metas del diseño establecidas en el proyecto, la descomposición de subsistemas, el mapeo de hardware y software, los mecanismos de control de flujo y las condiciones frontera. El DDS se utiliza para definir las interfaces entre los equipos de desarrolladores y se toma como referencia cuando las decisiones a nivel arquitectura requieren ser revisadas.

#### Plantilla del Documento de Diseño del Sistema

1. Introducción
  - 1.1. Propósito del Sistema
  - 1.2. Metas del diseño

Su propósito es el proveer un breve resumen de la arquitectura del software y las metas de diseño.

El DDS se realiza después de la descomposición inicial del sistema sin embargo, se actualiza durante los procesos, cuando se toman las decisiones del diseño o se descubren los problemas.

### 3.4.3 DISEÑO DEL MUNDO

El diseño del mundo comprende todas las actividades que dan forma al ambiente virtual. Esta actividad integra los objetos diseñados con la funcionalidad esperada por el usuario. Dentro de este proceso, se identifican las siguientes etapas: el diseño de objetos, la generación del mundo base, la generación de escenas, integración del ambiente y la navegación del usuario.

## 1. DISEÑO DE OBJETOS

El diseño de objetos se puede visualizar como una pirámide de tres capas las cuales definirán específicamente lo que el programador tendrá que desarrollar. Las capas en las que se divide son:

- Capa de objetos: Contiene la jerarquía de objetos que permiten integrar al sistema nuevos componentes. Esta capa contiene representaciones de diseño para cada uno de los objetos
- Capa de relaciones: Contiene los detalles que le permiten a cada objeto establecer comunicación con sus colaboradores.
- Capa de conductas: Contiene las acciones que puede realizar cada objeto y que permite a un ambiente virtual asemejarse con la realidad.

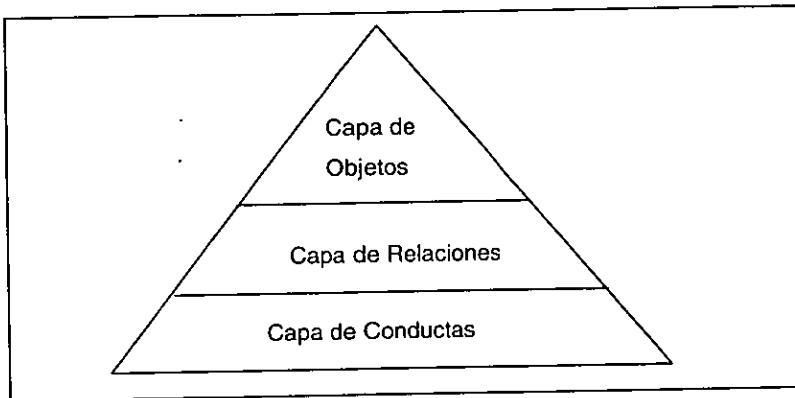


Figura 3.9 Pirámide de Capas del Diseño de Objetos

### **Capa de Objetos**

La información recolectada en la fase de análisis da como origen el diseño de objetos en esta capa. Dicha información debe corresponder a los requerimientos del usuario.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

Cada objeto deberá definirse de acuerdo a la siguiente especificación:

- Nombre: Identifica de manera única al objeto en cuestión.
- Descripción: Es la información que muestra la finalidad del objeto.
- Atributos: Son las características intrínsecas del objeto como son:
  - Color
  - Textura
  - Iluminación
  - Movimiento
  - Posición inicial
  - Ancho
  - Alto
  - Largo
- Cambio en el estado de las características: De acuerdo al tipo de objeto, existen atributos que pueden modificarse como la iluminación o la posición.
- Perspectivas: Debido a que los objetos que forman parte de un ambiente virtual son tridimensionales, se propone una plantilla que contenga las vistas frontal, lateral y superior del objeto.
- Sub-objetos: Cuando un objeto es compuesto y está formado por más de un objeto simple (figuras geométricas) cada uno de ellos deberá describirse de forma separada.
- Restricciones: Son aquellas limitaciones que posee el objeto por sí mismo.

Los objetos dentro de un ambiente virtual son todos los integrantes del mismo por ejemplo, en un ambiente para la construcción de un edificio las paredes, el techo, el piso, las lámparas, las ventanas, las sillas y todo aquello que compone al ambiente son objetos.

### ***Capa de Relaciones***

Esta capa delimita las relaciones existentes entre todos los objetos que componen al ambiente virtual. La metodología propuesta contempla el uso de una matriz de relaciones, que indique el tipo de asociación existente entre los objetos

Tabla 3.6 Matriz de Relaciones entre Objetos

	Objeto 1	Objeto 2	...	Objeto n
Objeto 1				
Objeto 2				
...				
Objeto n				

Ejemplo de relaciones entre objetos de un ambiente virtual pueden ser la camilla soporta al paciente en un ambiente de simulación de cirugía.

**Capa de Conductas**

En esta capa se especifica el comportamiento especial de cada objeto que permite al ambiente virtual parecerse a la realidad. Para observar los eventos que existen para cada objeto, se emplean los diagramas de actividad.

Tabla 3.7 Matriz de Conductas y Eventos

Objeto	Conducta	Evento
Objeto 1	Xxxxx	Xxxxx
Objeto 2		
.....		
Objeto n		

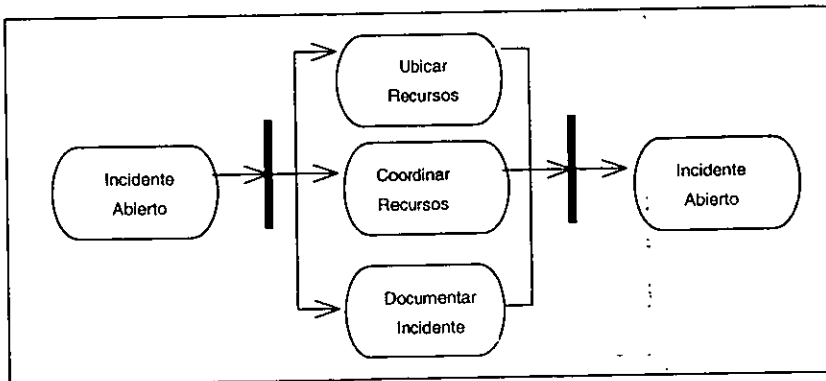


Figura 3.10 Diagrama de Actividades

Los comportamientos de los objetos constituyen la parte fundamental para la creación de un ambiente virtual ya que éstos proporcionan la sensación de realidad dentro de un ambiente. Estos comportamientos pueden ser: la gravedad, la colisión, el movimiento, el sonido entre otros.

## 2. GENERACIÓN DEL MUNDO BASE

El mundo base es el espacio inicial que contiene a todos los objetos que forman parte del ambiente virtual. Se considera como el esqueleto del mundo final y puede contener una o más escenas.

Es importante describir al mundo base para contemplar el número de escenas a crear, la funcionalidad de cada una y la secuencia que tendrán las escenas.

La información que se tiene que recabar de esta actividad es:

- Nombre: Identifica al mundo
- Objetivo: Describe los alcances del mundo
- Escenas: Indica el número de escenas que el ambiente contendrá y la secuencia en la que aparecen.

También se deberá realizar un diagrama que indique gráficamente la secuencia de las escenas.

## 3. GENERACION DE ESCENAS

Las escenas son cuadros que representan un momento particular dentro del mundo, consta de objetos y propiedades específicas como:

- Nombre: Identifica de forma única de las escenas.
- Descripción: Define la escena
- Función: Especifica las actividades a realizar dentro de la escena
- Objetos que contiene: Lista todos los objetos que forman parte de la escena

- Atributos: Indica las propiedades intrínsecas de la escena como tamaño, color, textura y la iluminación
- Distribución de los objetos: Para poder darle un toque de realismo al mundo virtual, se requiere representar gráficamente dicha distribución. La metodología utiliza dos herramientas: Plano y caso de uso.

#### **4. INTEGRACION DEL AMBIENTE**

Esta actividad concluye con las labores de diseño del ambiente virtual. En esta etapa, se especifica cómo quedará la secuencia de escenas del mundo virtual a través de un diagrama de actividad.

#### **5. NAVEGACIÓN DEL USUARIO**

Se deberá contar con un documento escrito y gráfico que explique la navegación que el usuario espera.

### **3.4.4 DOCUMENTO DEL DISEÑO DEL MUNDO**

El documento del diseño de objetos (DDO) describe el diseño de los objetos hechos por los desarrolladores, las guías que siguieron para las interfaces de los subsistemas, la descomposición de los mismos en clases y paquetes y las interfaces de las clases.

#### **PLANTILLA DEL DOCUMENTO DEL DISEÑO DEL MUNDO**

1. Objetos
  - 1.1. Plantilla de Objetos
  - 1.2. Matriz de Relaciones
  - 1.3. Matriz de Conductas
  - 1.4. Diagrama de Actividades de cada objeto
  - 1.5. Documento del Mundo Base
  - 1.6. Glosario de Escenas
    - 1.6.1. Plantilla de escenas

### 3.5 DESARROLLO

Esta etapa depende completamente de la plataforma de hardware y software a utilizar, para el caso de este trabajo de tesis, el desarrollo se realizó empleando el lenguaje de programación VRML. Este lenguaje permite visualizar un mundo virtual en Internet y es sencillo de implementar.

Debido a que esta etapa depende de los recursos con los que se cuenta, no se puede definir un proceso único de desarrollo.

A pesar de que en la etapa de desarrollo se utilizan diferentes herramientas de software, todas ellas presentan mecanismos para la construcción de polígonos, superficies, iluminación, propiedades físicas que proporcionan a los objetos las características necesarias para simular su comportamiento real brindando la sensación de realismo dentro del ambiente.

Los mecanismos sencillos para la creación de objetos y la disposición natural en Internet, fueron los motivos principales que influyeron en la elección de VRML como la herramienta de desarrollo en este trabajo.

Toda la información resultante de la etapa de diseño sirve como guión para la creación del mundo virtual, aspecto que facilita el desarrollo del ambiente ya que el diseño contempla todos los aspectos del sistema y el programador únicamente se limita a traducir dicha especificación en un lenguaje.

El desarrollo del ambiente de este trabajo de tesis se detalla en el siguiente capítulo.



## 3.6 PRUEBAS

Las pruebas son el proceso de analizar un sistema o un componente del sistema, para detectar las diferencias entre la conducta especificada y la conducta observada. La meta explícita de las pruebas es demostrar la presencia de faltas; si ninguna de las pruebas realizadas encuentra conductas diferentes a las especificadas, el sistema se encuentra listo para la entrega.

Las actividades a realizar por la etapa de pruebas son:

Inspección de componentes

Pruebas de Unidad

Pruebas de Integración

Pruebas del Sistema

### 3.6.1 INSPECCION DE COMPONENTES

Las inspecciones encuentran fallas en un componente, a través de la revisión del código en una reunión formal. El primer proceso estructurado fue el Método de Inspección de Michael Fagan; en él, la inspección es conducida por un equipo de desarrolladores, incluyendo el creador del componente, un moderador que facilite el proceso y uno o más revisadores quienes encuentran faltas en el sistema. El método de Fagan consiste de cinco pasos:

- **Apreciación Global.** El autor del componente presenta de manera breve el propósito y alcance del componente, así como las metas de la inspección
- **Preparación.** Los revisadores se familiarizan con la implementación del componente.
- **Reunión de Inspección.** Un lector, redacta el funcionamiento del componente y el equipo inspeccionador identifica faltas en el sistema.
- **Revisión.** El autor revisa el componente.
- **Seguimiento** El moderador verifica la calidad de la revisión y determina el componente que necesita ser reinspeccionado.

### 3.6.2 PRUEBAS DE UNIDAD

Las pruebas de unidad se enfocan en el desarrollo de bloques del sistema de software; es decir los objetos y subsistemas. Existen tres motivos por lo cuales aplicar este tipo de pruebas: Primero, las pruebas de unidad reducen la complejidad de todas las actividades de pruebas; segundo, las pruebas de unidad corrigen las faltas del sistema y tercero, estas pruebas permiten el paralelismo entre actividades de prueba.

A continuación se explica una técnicas para el desarrollo de pruebas de unidad:

- *Prueba de Equivalencia* Es una técnica de prueba que conceptualiza el proceso como una caja negra (no importan los procesos dentro de la caja) es decir, da relevancia a la definición de las entradas y las salidas, que por lo general son clases. El objetivo de esta prueba es minimizar los casos de uso que están involucrados en el sistema. Para este fin, se deben tres factores: (1) cada entrada posible corresponde a cada una de las clases; (2) una entrada puede pertenecer a una sola clase y (3) si se detecta un error al ejecutar un proceso mediante un objeto, otro objeto de la misma clase deberá arrojar el mismo comportamiento.

### 3.6.3 PRUEBAS DE INTEGRACION

Mientras que las pruebas de unidad se enfocan en los componentes individuales y el desarrollador descubre faltas en el sistema; las pruebas de integración detectan faltas de comunicación entre objetos permitiendo así, que el funcionamiento del sistema sea el deseado.

Esto se logra probando dos objetos y revisando que el funcionamiento deseado sea el mismo que el actual, una vez que esa pareja está libre de faltas, se buscan otros dos objetos de mayor complejidad, hasta que finalmente los objetos más complicados se revisan y corrigen si es necesario.

Existen diversas pruebas de integración, pero para este trabajo de tesis se eligió la prueba de Bing Bang debido a que es una prueba sencilla de realizar e integra fácilmente todos los objetos del ambiente virtual.

### **Prueba Bing Bang**

Esta estrategia asume que todos los componentes se prueban individualmente y después en conjunto como un solo sistema

#### **3.6.4 PRUEBA DEL SISTEMA**

Una vez que los componentes han sido integrados, las pruebas de sistema aseguran que el sistema completo cumpla con los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. En este proceso se realizan las siguientes actividades:

##### **Prueba Funcional**

##### **Prueba de Instalación**

1. Prueba Funcional. También conocida como prueba de requerimientos, encuentra las diferencias entre los requerimientos funcionales y el sistema. La meta del personal de pruebas es seleccionar las pruebas que sean relevantes al usuario y que además tengan una alta probabilidad de fallar. Para identificar las pruebas funcionales, se deben inspeccionar los casos de usos y seleccionar aquellos que sean más factibles de presentar fallas.
2. Prueba de Instalación. Se verifica que el sistema pueda reconfigurarse con facilidad en otra plataforma de hardware diferente a la de desarrollo (producción), así como se ejecutan ciertas tareas que no eran posibles realizar en el ambiente de desarrollo.

### 3.6.5 DOCUMENTACION DE LAS PRUEBAS

Como resultado de esta etapa se tiene la documentación que permitirá al equipo de desarrollo y en general a todo el equipo de trabajo validar el esfuerzo realizado para la composición del proyecto.

El Documento de Pruebas (DP) detalla las pruebas a realizar, los tiempos, recursos, alcances y conclusiones.

#### PLANTILLA DEL DOCUMENTO DE PRUEBAS

##### Plan de Pruebas

1. Objetivo
2. Recursos de la Prueba
3. Especificación de Pruebas (una por cada prueba que se realice)
  - 3.1. Nombre de la Prueba
  - 3.2. Fecha
  - 3.3. Objetivo
  - 3.4. Subsistemas a probar
  - 3.5. Criterio
  - 3.6. Personal encargado de la prueba
  - 3.7. Observaciones
4. Conclusiones generales

Esta plantilla consta de cuatro secciones:

- I. Se describe el objetivo a alcanzar en la prueba
- II. Indican los recursos utilizados para realizar las pruebas
- III. Se realiza una especificación por cada prueba realizada indicando todas sus características.
- IV. Describe las conclusiones obtenidas después de haber realizado todas las pruebas deseadas, generalizando el resultado de las pruebas.

## CAPITULO 4

### APLICACION DE LA METODOLOGIA

Una vez que se ha propuesto la metodología, se procede a probarla por medio de la creación de un producto generando para cada una de las fases los documentos entregables correspondientes.

#### 4.1 PLANEACION

El diagrama de actividades correspondiente al proyecto es el siguiente.

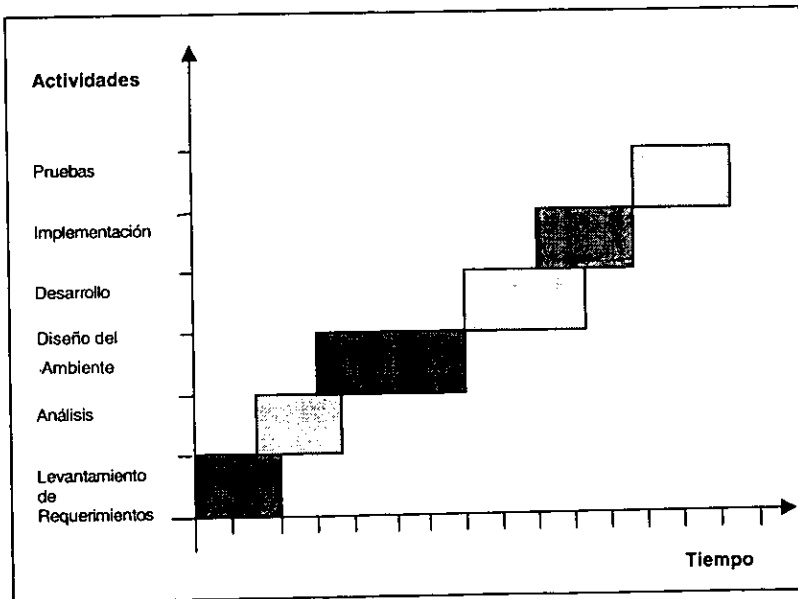


Figura 4.1 Diagrama de Actividades

Esta es la tabla de asignación de esfuerzos que detalla la información contenida en el diagrama de Actividades.

Nombre	Fecha de Inicio	Fecha de Inicio (holgura)	Fecha de Terminación	Fase a la que pertenece	Duración (días)	Responsable	Entregable	Estado
Planeación de Actividades	1/May/2000	1/May/2000	2/May/2000	Planeación	1	Lizbeth Mohzo	Diagrama de Tiempos	Completa
Asignación de recursos	2/May/2000		3/May/2000	Planeación	1	Lizbeth Mohzo	Tabla de Asignación de Recursos	Completa
Levantamiento de Requerimientos	3/May/2000	4/May/2000	7/May/2000	Análisis	4	Salvador Rentería	Documento de Análisis de Requerimientos (parte I)	Completa
Modelado del Análisis	7/May/2000	8/May/2000	12/May/2000	Análisis	5	Lizbeth Mohzo	Documento de Análisis de Requerimientos (parte II)	Completa
Diseño del Sistema	12/May/2000	14/May/2000	15/May/2000	Diseño	3	Salvador Rentería	Documento de Diseño de Sistema	Completa
Diseño de Objetos	15/May/2000	16/May/2000	20/May/2000	Diseño	5	Lizbeth Mohzo	Documento de Diseño de Objetos (parte I)	Completa
Diseño del Mundo	21/May/2000	23/May/2000	25/May/2000	Diseño	5	Salvador Rentería	Documento de Diseño de Objetos (parte II)	Completa
Programación	25/May/2000	26/May/2000	30/May/2000	Desarrollo	15	Salvador Rentería	Ambiente Virtual	Completa
Implementación	16/Jun/2000	10/Jun/2000	20/Jun/2000	Implementación	4	Salvador Rentería	Ambiente Virtual	Completa
Pruebas	10/Jun/2000	10/Jun/2000	12/Jun/2000	Pruebas		Lizbeth Mohzo		Completa
Documentación Usuario	12/Jun/2000	20/Jun/2000	10/Jun/2000	Documentación		Lizbeth Mohzo		Completa
						Salvador Rentería		

Tabla 4.1 Tabla de Asignación de Recursos

## 4.2 FASE ANÁLISIS

### DOCUMENTO DE ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

#### 1. Introducción

##### 1.1 Propósito del Sistema

El siguiente sistema tiene como objetivo demostrar la validez de la metodología propuesta, así como navegar a través de una casa virtual. La casa constará de ciertos objetos que muestren ciertas propiedades del objeto real dentro del ambiente virtual.

##### 1.2 Alcance del Sistema

El ambiente virtual a desarrollar deberá contener objetos con texturas reales, donde el usuario pueda realizar determinadas acciones sobre ellos, como prender una lámpara, encender la televisión, abrir las puertas, emitir sonidos así como navegar a través de él.

##### 1.3 Objetivos y criterio para calificar el proyecto

- Realizar un ambiente virtual que sea capaz de accesarse por medio de Internet
- Verificar la aplicación de la metodología

Al final de cada etapa los desarrolladores del sistema evaluarán la información obtenida y determinarán si es suficiente para la realización de la siguiente etapa.

#### 2. Sistema Propuesto

##### 2.1 Resumen

El ambiente virtual tiene como finalidad el verificar el uso de la metodología utilizando herramientas fácilmente accesibles como Internet.

## 2.2 Requerimientos Funcionales

El usuario desea acceder un mundo virtual a través de Internet, una casa virtual que contenga elementos del mundo real trasladados al ambiente. El usuario será el único en interactuar con el sistema.

La casa virtual contará con varias habitaciones. La primera de ellas representa la fachada de la casa virtual. Se muestra la casa, dos ventanas, la puerta, el timbre, una barda y un jardín. La segunda se refiere a la estancia sala-comedor la cual contará con dos sillones, un comedor, una mesita de centro, una vitrina, una mesita para el teléfono y el teléfono. Posteriormente se accederá a un pasillo que contiene dos lámparas y una puerta la cual conduce a la habitación virtual misma que contiene una cama, dos burós, un tocador, una televisión, dos lámparas, un cuadro y un tapete. Las puertas cuentan con un sensor de movimiento y mediante un clic del mouse, éstas se abrirán. El timbre y el teléfono poseen un sensor de "toque" y de sonido, esto es, al momento de tocar a estos objetos se emitirá un sonido. Las lámparas contarán con un mecanismo de encendido y apagado de luz y la televisión será capaz de encenderse y apagarse mediante un clic del mouse. Todos los demás objetos estarán restringidos de movimiento y acciones a realizar. Las texturas, colores y dimensiones del cuarto deberán ser semejantes a las del mundo real. Tanto el buró como el tocador deberán sostener a la lámpara y televisión respectivamente.

El ambiente virtual deberá contener una ayuda interactiva (páginas HTML) que faciliten al usuario la navegación a través del mismo.

## 2.3 Requerimientos No Funcionales

### 2.3.1 Interfaz del Usuario y Factores Humanos

La interfaz del usuario será una página en Internet mediante la cual se podrán explotar las capacidades expuestas anteriormente. Debido a que el sistema está considerado para visualizarse a través de Internet, el usuario utilizará el mouse para interactuar con el ambiente virtual.



### 2.3.2 Documentación

El sistema deberá contemplar dos aspectos para la documentación: el tutorial que permita al usuario conocer cómo interactuar plenamente con el sistema y la documentación técnica que proporcione la base para su modificación y mantenimiento.

### 2.3.3 Hardware

Debido a que el sistema correrá en Internet, los usuarios que se conecten al mundo requerirán la siguiente arquitectura, como mínimo:

- PC con procesador pentium a 100 MHZ
- Fax módem 28.8 kps
- Disco duro de 1GB
- Memoria de 32 MB
- Monitor SVGA con resolución de 600 x 800 pixeles
- Mouse

El servidor que desarrolle el sistema será:

- PC con procesador pentium II a 350 MHZ
- Fax módem 56.6 kps
- Disco Duro de 8 GB
- Memoria de 32 MB
- Memoria de video de 8 MB
- Monitor SVGA con resolución de 600 x 800 pixeles
- Mouse

### 2.3.4 Características de Rendimiento

Inicialmente se espera que un usuario se conecte al mundo de forma concurrente, por lo que las expectativas de tiempo de respuesta son de 3 seg.

El movimiento de los objetos debe ser continuo.

### 2.3.5 Modificaciones al Sistema

Debido a que se cuenta con la información técnica del ambiente, las modificaciones a realizar se harán basándose en el diseño especificado. Deberá existir una bitácora de cambios donde se registren todas las modificaciones realizadas al sistema permitiendo regresarlos si éstos no satisfacen lo esperado.

### 2.3.6 Temas de Seguridad

Como el servidor en el que residirá el ambiente está dedicado a proporcionar ese servicio, no será necesario contemplar el uso de herramientas que verifiquen la autenticidad del usuario tales como firewalls, certificados de seguridad, entre otros.

## 2.4 Modelos del Sistema

### 2.4.1 Escenarios

Nombre del escenario	Casa virtual
Actores	Usuario
Flujo de Eventos	El usuario inicialmente se posiciona en la entrada de la casa, para poder acceder hacia el interior de la misma, podrá tocar el timbre para anunciar su llegada y al momento de tocar la puerta ésta se abrirá para permitirle el acceso.

Nombre del escenario	Estancia virtual
Actores	Usuario
Flujo de Eventos	El usuario inicialmente se posiciona en la entrada de la estancia, podrá dirigirse hacia cualquier dirección que desee y podrá tocar el teléfono para que éste suene al momento de percibir un click.

Nombre del escenario	Pasillo virtual
Actores	Usuario
Flujo de Eventos	El usuario inicialmente se posiciona en la entrada del pasillo, podrá dirigirse hacia el interior del mismo y tocar la puerta para que se abra y le permita el paso a la otra habitación y podrá encender o apagar las lámparas que se encuentran dentro de la misma.

Nombre del escenario	Habitación virtual
Actores	Usuario
Flujo de Eventos	El usuario inicialmente se posiciona en la entrada de la habitación, podrá dirigirse hacia cualquier dirección que desee y podrá encender o apagar las lámparas que se encuentran dentro de la misma, así como la televisión.

**2.4.2 Modelo de Casos de Uso**

Nombre del caso de uso	Fachada virtual
Actores participantes	Usuario
Condiciones de entrada	Ninguno
Flujo de eventos	El usuario inicia la navegación El usuario consulta la ayuda El usuario se dirige a la entrada y hace click en el timbre. El usuario toca la puerta para abrirla y acceder al interior
Condiciones de salida	El ambiente finalizará como las páginas de Internet, al cerrar el navegador.
Requerimientos especiales	Ninguno

Nombre del caso de uso	Estancia virtual
Actores participantes	Usuario
Condiciones de entrada	Ninguno
Flujo de eventos	El usuario inicia la navegación El usuario consulta la ayuda El usuario toca el teléfono
Condiciones de salida	El ambiente finalizará como las páginas de Internet, al cerrar el navegador.
Requerimientos especiales	Ninguno

Nombre del caso de uso	Pasillo virtual
Actores participantes	Usuario
Condiciones de entrada	Ninguno
Flujo de eventos	El usuario inicia la navegación El usuario consulta la ayuda El usuario prende/apaga las lámparas El usuario toca la puerta para acceder otra habitación.
Condiciones de salida	El ambiente finalizará como las páginas de Internet, al cerrar el navegador.
Requerimientos especiales	Ninguno

Nombre del caso de uso	Habitación virtual
Actores participantes	Usuario
Condiciones de entrada	Ninguno
Flujo de eventos	El usuario inicia la navegación El usuario consulta la ayuda El usuario prende/apaga las lámparas El usuario prende/apaga la televisión
Condiciones de salida	El ambiente finalizará como las páginas de Internet, al cerrar el navegador.
Requerimientos especiales	Ninguno

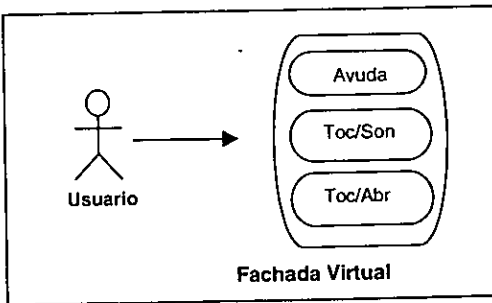


Figura 4.2 Diagrama del Caso de Uso Fachada Virtual

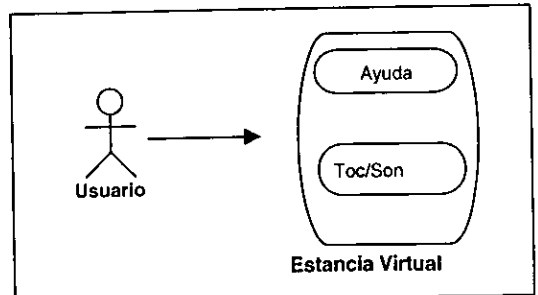


Figura 4.3 Diagrama del Caso de Uso Estancia Virtual

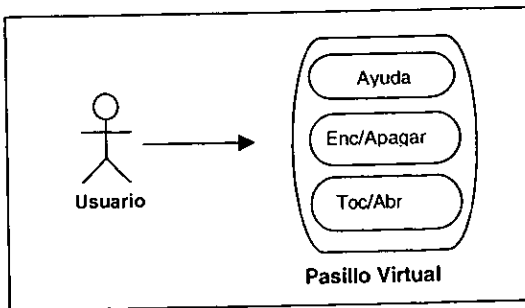


Figura 4.4 Diagrama del Caso de Uso Pasillo Virtual

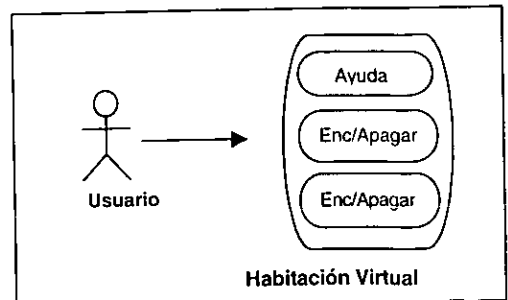


Figura 4.5 Diagrama del Caso de Uso Habitación Virtual

## 2.4.3 Modelo de objetos

Objeto	Descripción
Puerta principal	Objeto que permite acceder hacia el interior de una habitación. Responde a la acción de un click y tiene movimiento
Timbre	Instrumento de llamada o aviso. Carece de movimiento, tiene sonido.
Ventana	Abertura sobre la pared que permite el paso de luz. Carece de movimiento.
Barda	Muro que permite delimitar un terreno. Carece de movimiento.
Jardín	Terreno en el que se cultivan plantas. Carece de movimiento.
Comedor	Lugar destinado para servir los alimentos. Carece de movimiento
Vitrina	Armario con puerta, cristales donde se colocan los objetos de ornato en un comedor. Carece de movimiento
Sillón	Asiento que permite el descanso. Carece de movimiento
Mesa_centro	Mueble de centro en la sala que sirve como ornato. Carece de movimiento
Mesa_teléfono	Mueble en el que se coloca el teléfono. Carece de movimiento
Teléfono	Instrumento que permite la comunicación entre dos personas. Carece de movimiento, tiene sonido
Lámpara_pasillo	Instrumento que se utiliza para alumbrar. Responde a la acción de un click pero está limitada al movimiento. Se encuentra suspendida del techo.
Cama	Mueble diseñado para el descanso. Es estático
Tapete	Elemento de ornato para el piso. Sin movimiento
Buró	Mueble que sirve para guardar artículos personales. Soporta la lámpara, pero carece de movimiento.
Lámpara	Instrumento que se utiliza para alumbrar. Responde a la acción de un click pero está limitada al movimiento. Se encuentra sobre el buró izquierdo.
Lámpara de piso	Instrumento que se emplea para iluminar una habitación. Responde a la acción de un click pero está limitada al movimiento.
Tocador	Mueble con espejo en el que se guardan diferentes objetos. Soporta a la televisión y es estático.

Televisión	Aparato electrónico que sirve como entretenimiento. Responde a la acción de un click, pero carece de movimiento
Cuadro	Elemento decorativo. No posee ninguna acción o movimiento.
Piso	Superficie sobre la cual yacen todos los objetos.
Techo	Superficie interior de la habitación que la cierra
Pared Derecha	Muro que divide a una habitación de otra
Pared Izquierda	Muro que divide a una habitación del exterior
Pared Frontal	Superficie frontal que delimita una habitación de otra

2.4.4 Modelo de asociaciones

Objeto	Asociación	Objeto	Cardinalidad
Fachada	Sostiene	Ventana	1:1
Fachada	Sostiene	Puerta principal	1:1
Fachada	Sostiene	Timbre	1:1
Puerta principal	Yace	Piso	1:1
Barda	Yace	Piso	1:1
Jardín	Yace	Piso	1:1
Acera	Yace	Piso	1:1
Pared_der_fach	Sostiene	Jardín	1:1
Pared_der_fach	Yace	Piso	1:1
Pared_izq_fach	Yace	Piso	1:1
Techo_fachada	Apoya	Pared_der_fach	1:1
Techo_fachada	Apoya	Pared_izq_fach	1:1
Techo_fachada	Apoya	Fachada	1:1
Sillón_chico	Yace	Piso	1:1
Sillón_grande	Yace	Piso	1:1
Mesa_centro	Yace	Piso	1:1
Mesa_comedor	Yace	Piso	1:1
Mesa_teléfono	Yace	Piso	1:1
Mesa_teléfono	Yace	Piso	1:1
Mesa_teléfono	Sostiene	Teléfono	1:1
Silla	Yace	Piso	1:1
Vitrina	Yace	Piso	1:1
Vitrina	Recarga	Pared_frontal_estan	1:1
Cuadro	Recarga	Pared_der_estancia	1:1
Cuadro	Recarga	Pared_izq_estancia	1:1
Pared_der_estancia	Yace	Piso	1:1
Pared_izq_estancia	Yace	Piso	1:1
Pared_front_estancia	Yace	Piso	1:1
Techo_estancia	Apoya	Pared_frontal_estan	1:1
Techo_estancia	Apoya	Pared_izq_estancia	1:1
Techo_estancia	Apoya	Pared_der_estancia	1:1
Puerta_pasillo	Yace	Piso	1:1

Pared_der_pasillo	Yace	Piso	1:1
Pared_izq_pasillo	Yace	Piso	1:1
Techo_pasillo	Apoya	Pared_der_pasillo	1:1
Techo_pasillo	Apoya	Pared_izq_pasillo	1:1
Techo_pasillo	Sostiene	Lámpara_pasillo	1:1
Techo_pasillo	Sostiene	Puerta_pasillo	1:1
Cama	Yace	Piso	1:1
Cama	Recarga	Pared frontal	1:1
Buró izquierdo	Sostiene	Lámpara	1:1
Buró izquierdo	Yace	Piso	1:1
Buró izquierdo	Recarga	Pared frontal	1:1
Buró derecho	Yace	Piso	1:1
Buró derecho	Recarga	Pared frontal	1:1
Tocador	Sostiene	Televisión	1:1
Tocador	Yace	Piso	1:1
Tocador	Recarga	Pared derecha	1:1
Lámpara piso	Yace	Piso	1:1
Lámpara piso	Recarga	Pared frontal	1:1
Tapete	Yace	Piso	1:1
Pared derecha	Yace	Piso	1:1
Pared izquierda	Yace	Piso	1:1
Pared frontal	Yace	Piso	1:1
Techo	Apoya	Pared frontal	1:1
Techo	Apoya	Pared derecha	1:1
Techo	Apoya	Pared izquierda	1:1





### 2.4.5 Identificación de atributos

Los atributos que contendrán todos los objetos son:

Nombre	Textura
Descripción	Archivo referente a la imagen que revestirá cada objeto
Valor	Nombre de un archivo

Nombre	Tamaño
Descripción	Indica las dimensiones que tendrá el objeto correspondientes al ancho, alto y largo (X,Y,Z)
Valor	Númérico

Nombre	Movimiento
Descripción	Indica si el objeto posee movimiento en la dimensión Y
Valor	Sin valor

Nombre	Sonido
Descripción	Indica si el objeto emite algún sonido al momento de dar un click
Valor	Sin valor

### 2.4.6 Modelado de Conductas no Triviales para Objetos Individuales

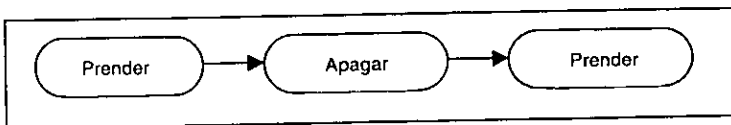


Figura 4.7 Diagrama de Actividades Televisión

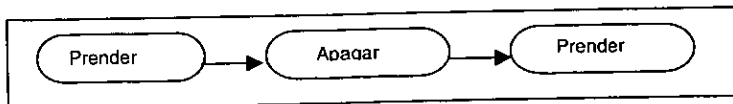


Figura 4.8 Diagrama de Actividades Lámparas

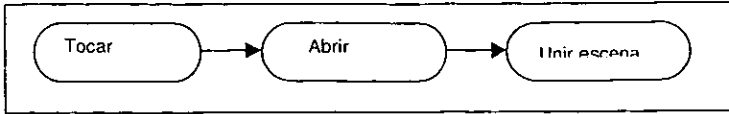


Figura 4.9 Diagrama de Actividades Puertas

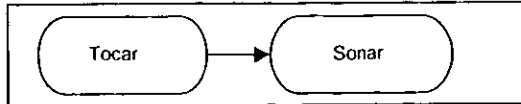


Figura 4.10 Diagrama de Actividades Timbre

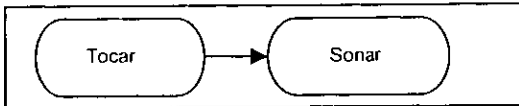


Figura 4.11 Diagrama de Actividades Teléfono

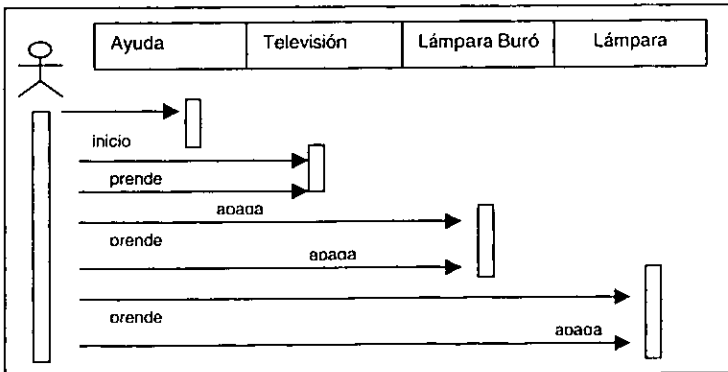


Figura 4.12 Diagrama de Secuencia

## 4.3 DISEÑO

### 4.3.1 Documento del Diseño del Sistema

#### 1.1 Propósito del Sistema

El ambiente virtual a desarrollar, especificado en el levantamiento de requerimientos, será un ambiente que pueda ser accesado por Internet, es decir el ambiente residirá en un servidor dedicado a ese servicio, y los clientes deberán poseer una conexión a Internet con la cuál puedan acceder al sitio.

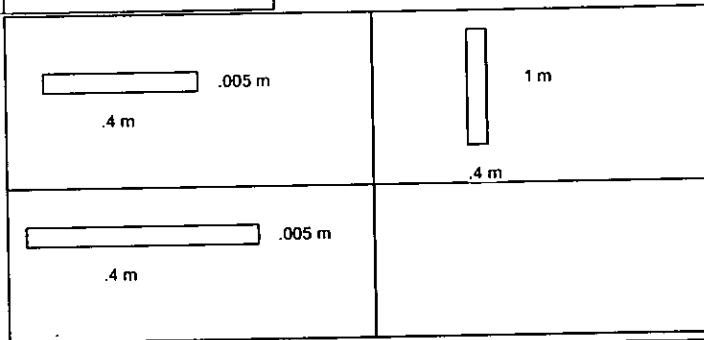
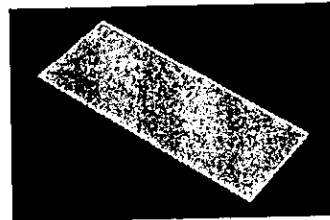
#### 1.2 Metas de Diseño

<b><i>Criterio de performance</i></b>	
Tiempo de Respuesta	El tiempo de respuesta del sistema deberá atender a las expectativas del usuario de 15 seg
Memoria	Para contemplar el funcionamiento correcto del sistema, se cuenta con una memoria de 32 MB
Salida	El sistema puede ejecutar una operación a la vez
<b><i>Criterio de diseño</i></b>	
Costo de Desarrollo	El costo del sistema es nulo, debido a que utiliza herramientas que se pueden conseguir fácilmente.
Costo de Liberación	El costo de liberación es nulo ya que no se requiere instalar la licencia de algún software.
Costo de Actualización	Como la versión de VRML se puede conseguir a través de Internet, no existe ningún costo por actualización.
Costo de Mantenimiento	El mantenimiento que se le da al ambiente no implica ningún costo
<b><i>Criterio de Mantenimiento</i></b>	
Portabilidad	Debido a que el ambiente corre bajo Internet, es independiente de la plataforma y sólo requiere el acceso a Internet.
Legibilidad	El código generado por VRML es muy fácil de entender y de modificar.
Rastreo de los requerimientos	VRML permite mapear fácilmente el código de acuerdo a los requerimientos del usuario
<b><i>Criterios de Usuario Final</i></b>	
Utilidad	El ambiente permite al usuario navegar a través del mismo, soportando cualquier movimiento permitido que realice.
Facilidad de Uso	Debido a que el ambiente posee un tutorial, resulta muy fácil para el usuario el familiarizarse con el ambiente.

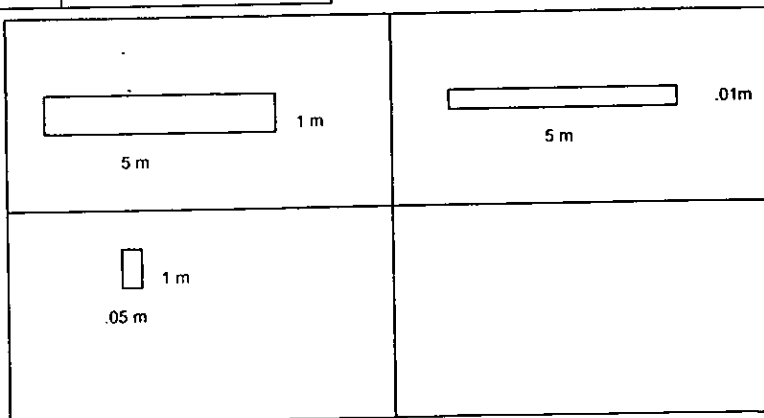
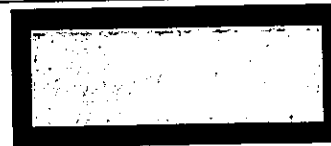
4.3.2 DOCUMENTO DEL DISEÑO DEL MUNDO

1. PLANTILLA DE OBJETOS

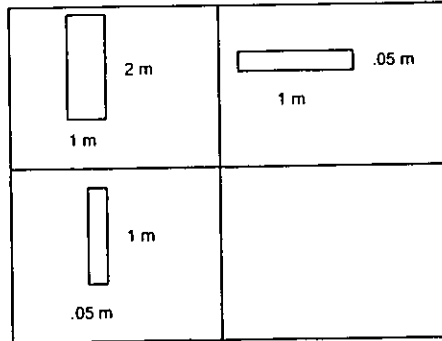
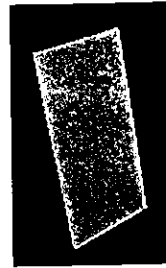
<b>Nombre</b>	Tapete
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Tapete de la recámara
<b>Relación</b>	Ninguna
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	153.jpg
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



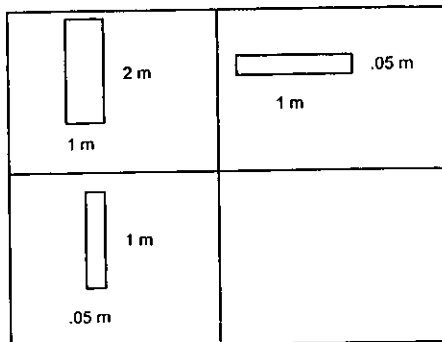
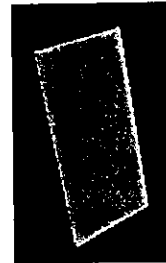
<b>Nombre</b>	Cerca
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Cerca de la fachada
<b>Relación</b>	Ninguna
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Ace150.jpg
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



<b>Nombre</b>	Puerta Pasillo
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Puerta ubicada en el pasillo
<b>Relación</b>	Ninguna
<b>Acción</b>	Al tocar se abre la puerta
<b>Restricción</b>	Ninguna
<b>Color RGB</b>	0.333 0.176 0.035
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



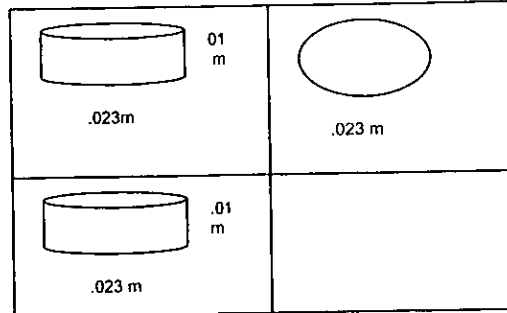
<b>Nombre</b>	Puerta Principal
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Puerta ubicada en la fachada
<b>Relación</b>	Ninguna
<b>Acción</b>	Al tocar se abre la puerta
<b>Restricción</b>	Ninguna
<b>Color RGB</b>	0.333 0.176 0.035
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



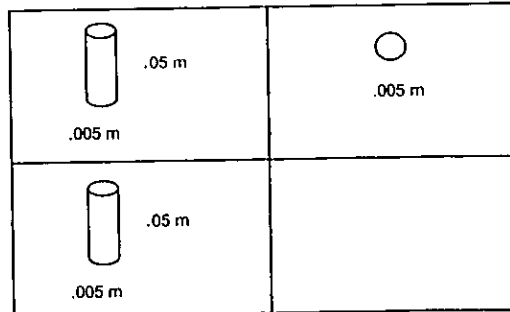
<b>Nombre</b>	Lámpara del Buró
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Lámpara del Buró
<b>Relación</b>	Se apoya en el buró izquierdo
<b>Acción</b>	Prende y Apaga la luz
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Base Poste Lámpara



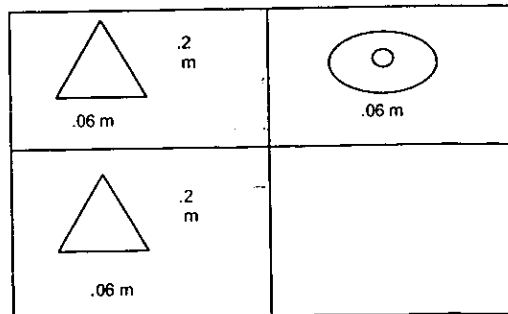
<b>Objeto</b>	Base
<b>Color RGB</b>	1 1 0
<b>Medidas</b>	Radio:2.3 Altura 1



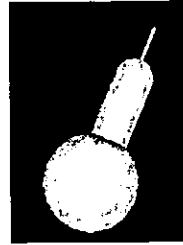
<b>Objeto</b>	Poste
<b>Color RGB</b>	1 1 0
<b>Medidas</b>	Radio 0.05 Altura 5



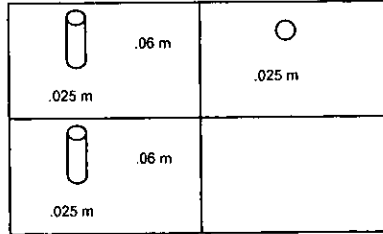
<b>Objeto</b>	Lampara
<b>Color RGB</b>	1 1 0
<b>Medidas</b>	Base 0.03 Altura .5



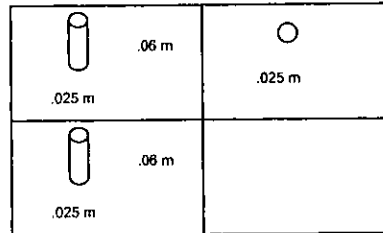
<b>Nombre</b>	Lámpara del Pasillo
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Lámpara del Pasillo
<b>Relación</b>	Está colgada del techo
<b>Acción</b>	Prende y Apaga la luz
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Base Poste Lámpara



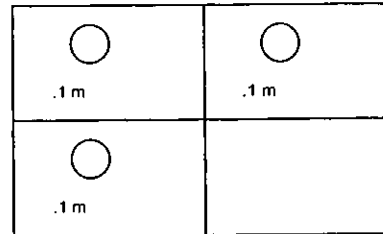
<b>Objeto</b>	Base
<b>Color RGB</b>	0 0 1
<b>Medidas</b>	Radio: .25 Altura .06



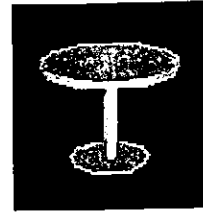
<b>Objeto</b>	Poste
<b>Color RGB</b>	0 0 1
<b>Medidas</b>	Radio 0.025 Altura .06



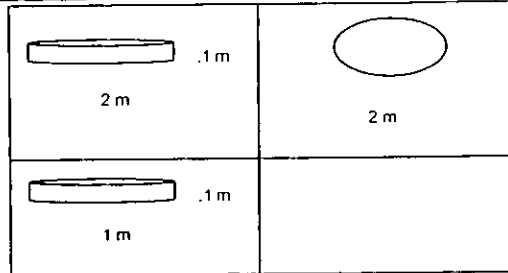
<b>Objeto</b>	Lámpara
<b>Color RGB</b>	1 1 1
<b>Medidas</b>	Radio .1



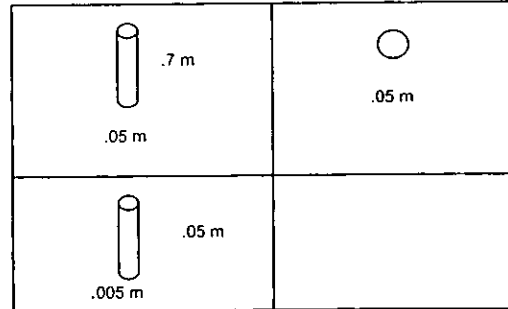
<b>Nombre</b>	Mesa de Teléfono
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Mesa de Teléfono
<b>Relación</b>	Sostiene al teléfono
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Base Poste Mesa



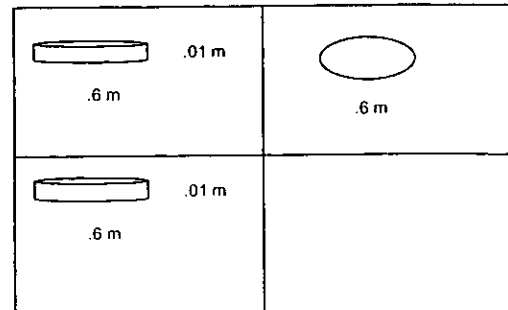
<b>Objeto</b>	Mesa
<b>Color RGB</b>	.443 .349 .282
<b>Medidas</b>	Radio:2 Altura .1



<b>Objeto</b>	Poste
<b>Color RGB</b>	.44 .34 .28
<b>Medidas</b>	Radio 0.05 Altura .7

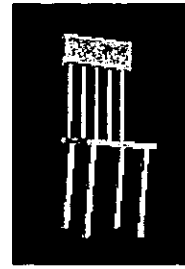


<b>Objeto</b>	Base
<b>Color RGB</b>	.44 .34 .28
<b>Medidas</b>	Base 0.6 Altura .01

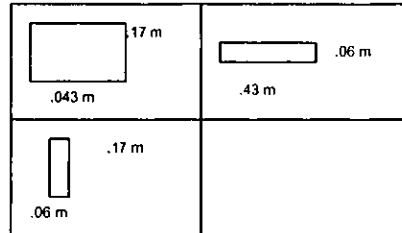




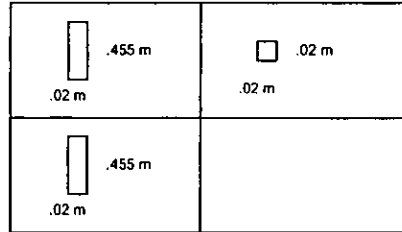
<b>Nombre</b>	Silla
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Silla
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Asiento Patas Respaldo, Barrotes



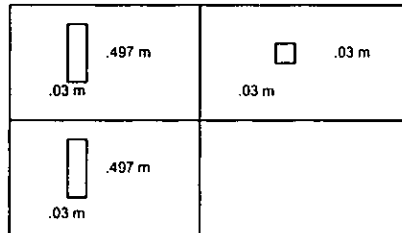
<b>Objeto</b>	Respaldo
<b>Color RGB</b>	.6 .35 0
<b>Medidas</b>	(.043,.17,.06)



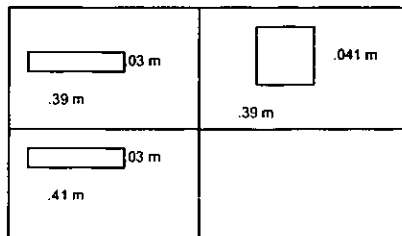
<b>Objeto</b>	Barrote de silla
<b>Color RGB</b>	.6 .35 0
<b>Medidas</b>	(.02,.455,.02)



<b>Objeto</b>	Patas
<b>Color RGB</b>	.6 .35 0
<b>Medidas</b>	(.03,.497,.03)



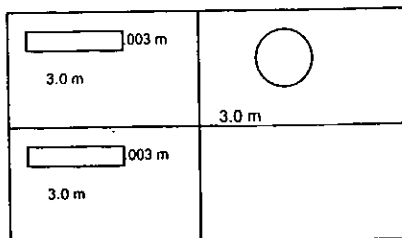
<b>Objeto</b>	Asiento
<b>Color RGB</b>	.6 .35 0
<b>Medidas</b>	(.3,.03,.041)



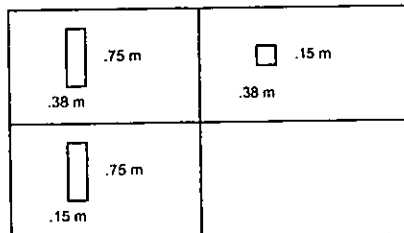
<b>Nombre</b>	Mesa Comedor
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Mesa del comedor
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Base Poste Mesa



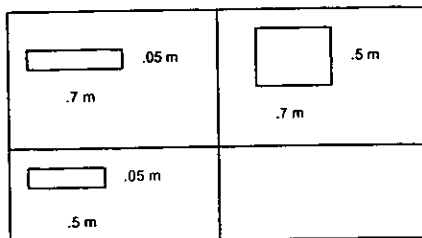
<b>Objeto</b>	Base
<b>Color RGB</b>	.6 .35 0
<b>Medidas</b>	Radio:3 Altura .003



<b>Objeto</b>	Poste
<b>Color RGB</b>	.6 .35 0
<b>Medidas</b>	(.38,.75,.15)



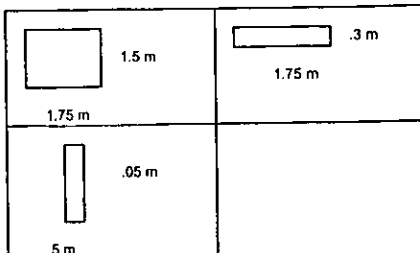
<b>Objeto</b>	Mesa
<b>Color RGB</b>	.6 .35 0
<b>Medidas</b>	(.7,.05,.5)



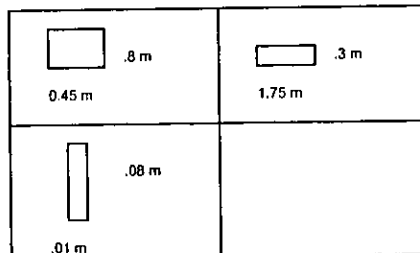
<b>Nombre</b>	Vitrina
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Vitrina del comedor
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Pata Mueble inferior Vidrio y vitrina



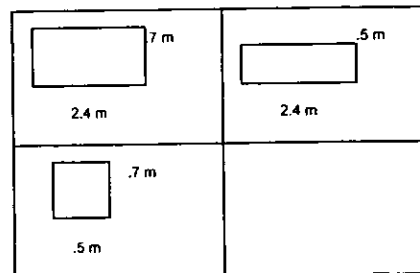
<b>Objeto</b>	vitrina
<b>Color RGB</b>	.44 .34 .28
<b>Medidas</b>	(1.75,1.5,.3)



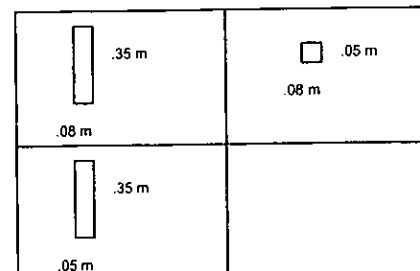
<b>Objeto</b>	vidrio
<b>Color RGB</b>	.57 .8 .94
<b>Medidas</b>	(.45,.8,.3)



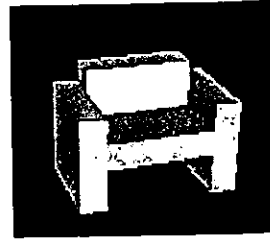
<b>Objeto</b>	Mueble inferior
<b>Color RGB</b>	.44 .34 .28
<b>Medidas</b>	(2.4,.7,.5)



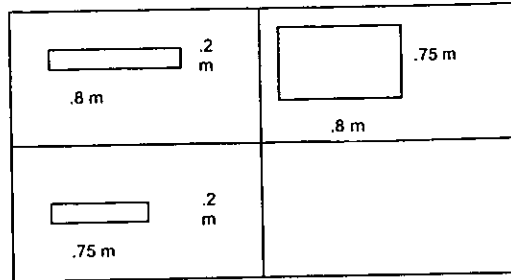
<b>Objeto</b>	Pata
<b>Color RGB</b>	.44 .34 .28
<b>Medidas</b>	(.08,.35,.05)



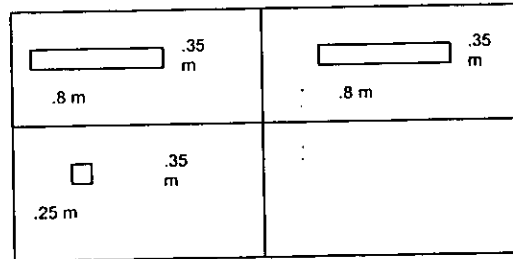
<b>Nombre</b>	Sillón Individual
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Sillón individual de la sala
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Sillón Respaldo Flancos



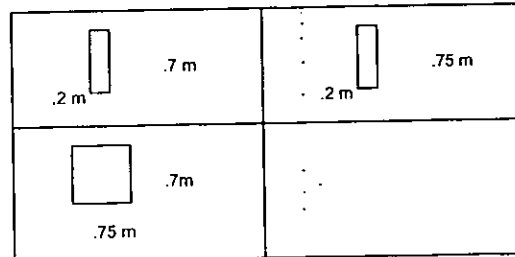
<b>Objeto</b>	sillon
<b>Color RGB</b>	.47 .19 .16
<b>Medidas</b>	(.8,.2,.75)



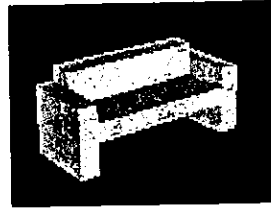
<b>Objeto</b>	respaldos
<b>Color RGB</b>	.47 .19 .16
<b>Medidas</b>	(.8,.35,.25)



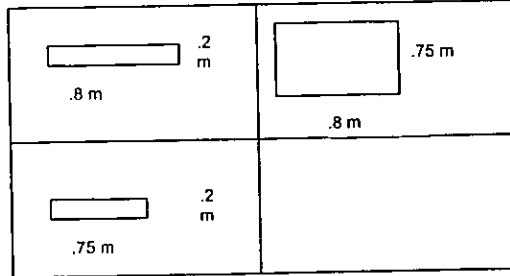
<b>Objeto</b>	Flancos
<b>Color RGB</b>	.47 .19 .16
<b>Medidas</b>	(.2,.7,.75)



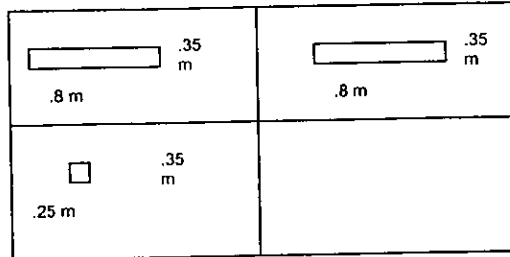
<b>Nombre</b>	Sillón Doble
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Sillón grande de la sala
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Sillón Respaldo Flancos



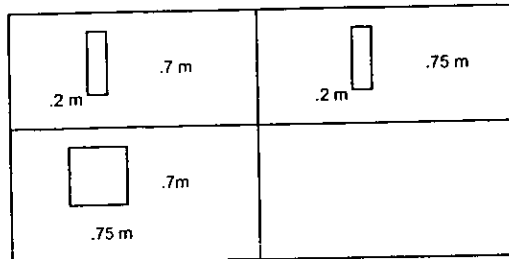
<b>Objeto</b>	sillon
<b>Color RGB</b>	.47 .19 .16
<b>Medidas</b>	(.8,.2,.75)



<b>Objeto</b>	respaldos
<b>Color RGB</b>	.47 .19 .16
<b>Medidas</b>	(.8,.35,.35)



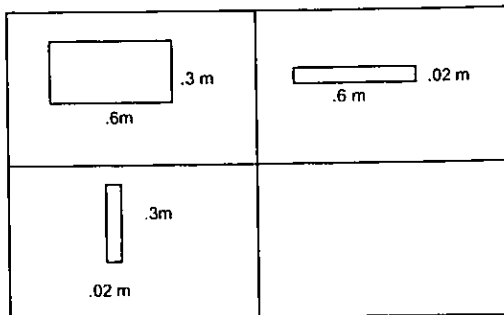
<b>Objeto</b>	Flancos
<b>Color RGB</b>	.47 .19 .16
<b>Medidas</b>	(.2,.7,.75)



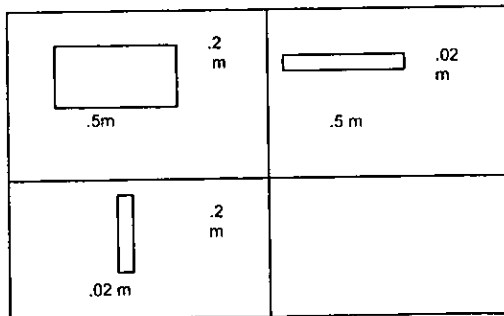
<b>Nombre</b>	Cuadro
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Cuadro decorativo de la habitación
<b>Relación</b>	Se apoya en la pared izquierda
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Marco Cuadro



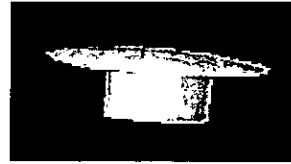
<b>Objeto</b>	Marco
<b>Textura</b>	ace471.jpg
<b>Medidas</b>	(.6,.3,.02)



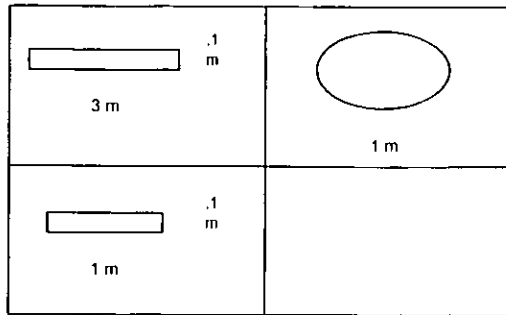
<b>Objeto</b>	Cuadro
<b>Textura</b>	ace122.jpg
<b>Medidas</b>	(.5,.2,.02)



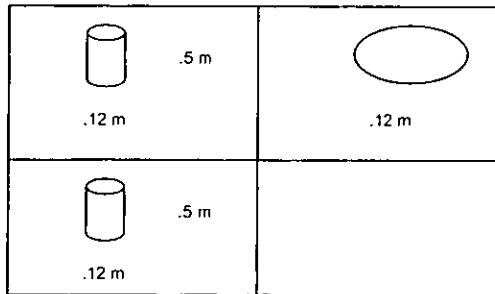
<b>Nombre</b>	Mesa de Centro
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Mesita del centro de la sala
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Mesa Poste



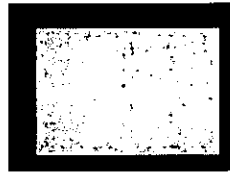
<b>Objeto</b>	Mesa
<b>Color RGB</b>	.44 .39 .28
<b>Medidas</b>	Radio 3 Altura .1



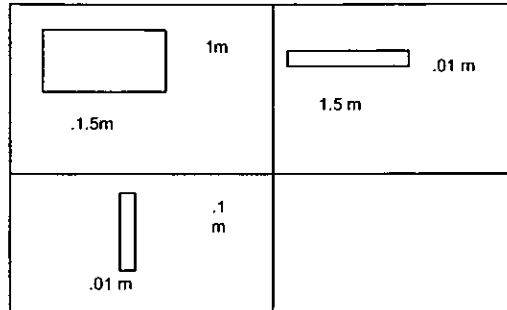
<b>Objeto</b>	Poste
<b>Color RGB</b>	.44 .34 .28
<b>Medidas</b>	Radio .12 Altura .5



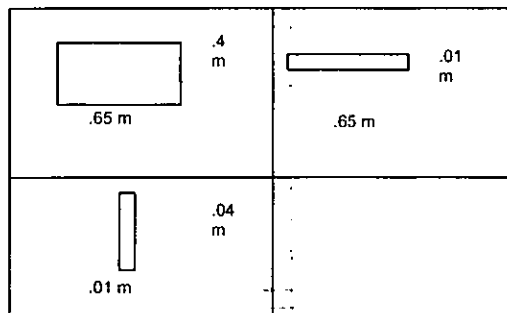
<b>Nombre</b>	Ventana
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Ventana decorativa de la fachada
<b>Relación</b>	Se apoya en la fachada
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Marco Ventana



<b>Objeto</b>	Marco
<b>Color RGB</b>	.33 .17 .035
<b>Medidas</b>	(1.5,1,.01)

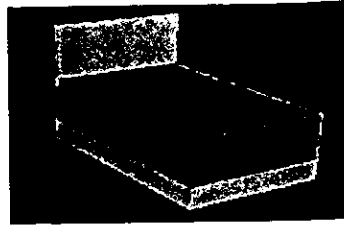


<b>Objeto</b>	Ventana
<b>Color RGB</b>	.57 .8 .94
<b>Medidas</b>	(.65,.4,.01)

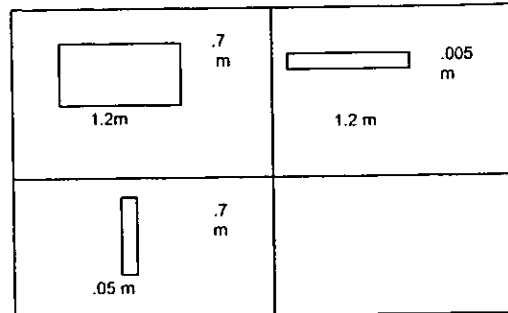




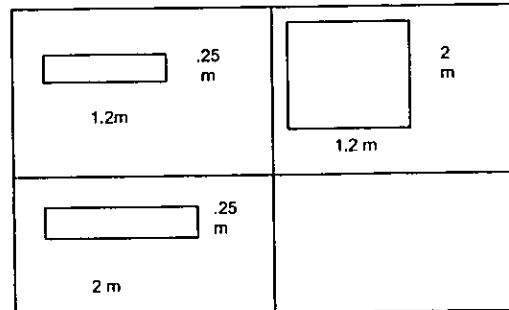
<b>Nombre</b>	Cama
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Cama de la recámara
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Cabecera Base Colchón



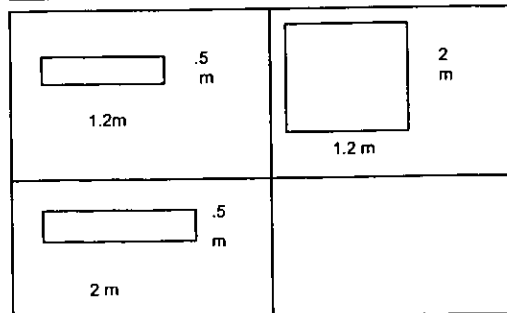
<b>Objeto</b>	Cabecera
<b>Textura</b>	olive_paper.gif
<b>Medidas</b>	(1.2,.7,.05)



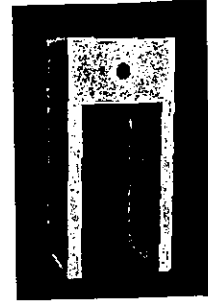
<b>Objeto</b>	Base
<b>Textura</b>	Olive_paper.gif
<b>Medidas</b>	(1.2,.25,2)



<b>Objeto</b>	Colchón
<b>Textura</b>	ace398.jpg
<b>Medidas</b>	(1.2,.5,2)



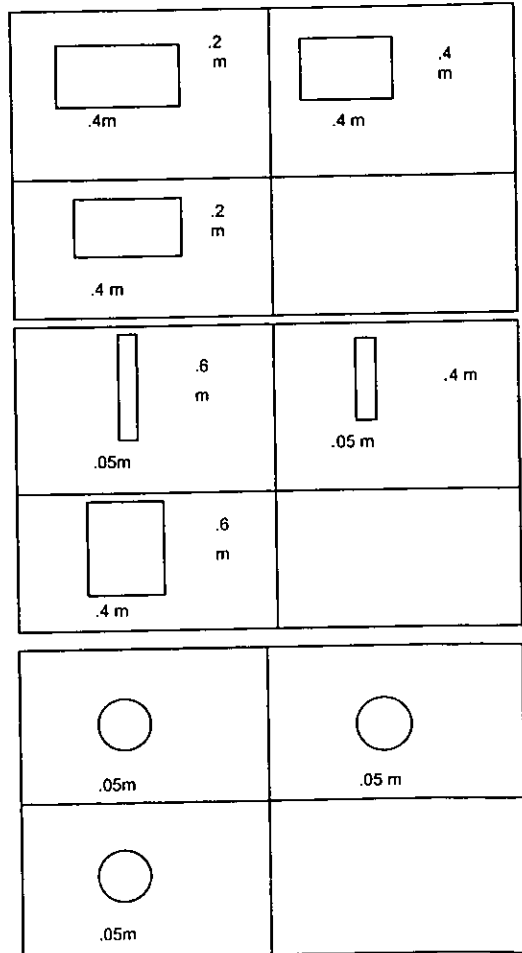
<b>Nombre</b>	Buró
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Buró de la recámara
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso El Buró izquierdo soporta la lámpara
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Lados(2) Cajón Patás(2)



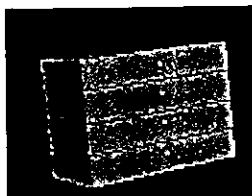
<b>Objeto</b>	Cajón
<b>Color RGB</b>	.31 .15 0
<b>Medidas</b>	(.4,.2,.4)

<b>Objeto</b>	Pata
<b>Color RGB</b>	.31 .15 0
<b>Medidas</b>	(.05,.6,.4)

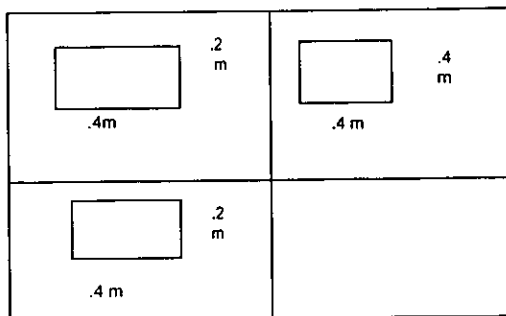
<b>Objeto</b>	Manija
<b>Color</b>	Amarillo
<b>Radio</b>	.05



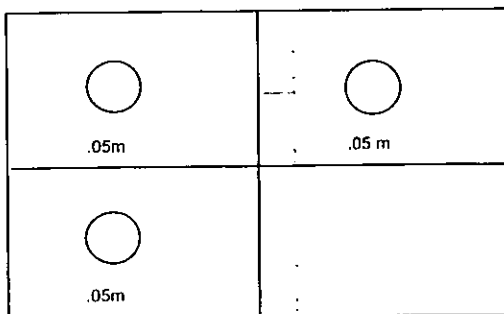
<b>Nombre</b>	Tocador
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Tocador
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso Soporta la Televisión
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Color RGB</b>	.31 .15 0
<b>Objetos por los que se compone</b>	Cajón(4) Manijas(4)



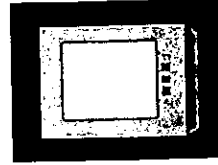
<b>Objeto</b>	Cajón
<b>Color RGB</b>	.31 .15 0
<b>Medidas</b>	(.4,.2,.4)



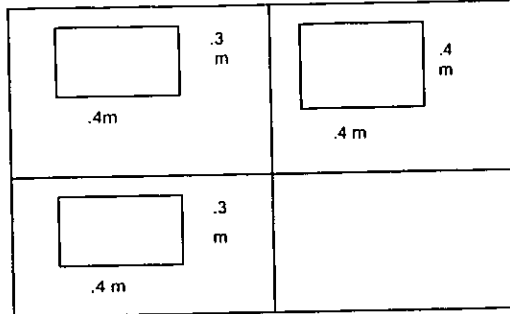
<b>Objeto</b>	Manija
<b>Color</b>	Amarillo
<b>Radio</b>	.05



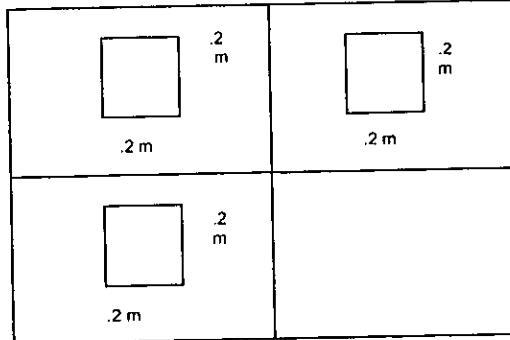
<b>Nombre</b>	Televisión
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Televisor de la recámara
<b>Relación</b>	Se apoya en el tocador
<b>Acción</b>	Prende y apaga la televisión
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Gabinete Pantalla Botones



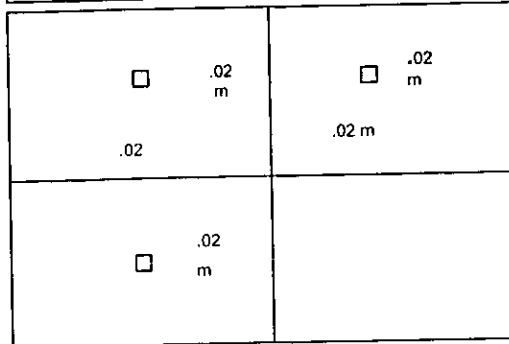
<b>Objeto</b>	Gabinete
<b>Textura</b>	ace248.jpg
<b>Medidas</b>	(.4,.3,.4)



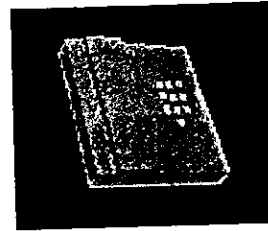
<b>Objeto</b>	Pantalla
<b>Textura</b>	ace355.jpg
<b>Medidas</b>	(.2,.2,.2)



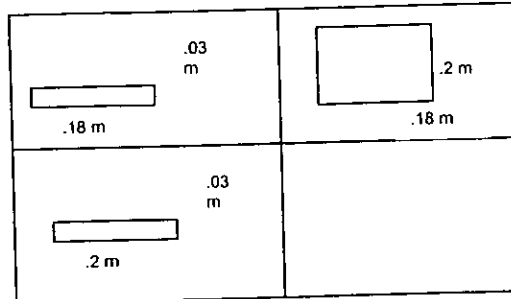
<b>Objeto</b>	Botones
<b>Textura</b>	ace398.jpg
<b>Medidas</b>	(.02,.02,.02)



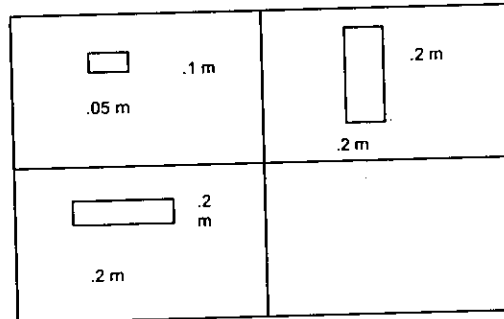
<b>Nombre</b>	Teléfono
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Teléfono
<b>Relación</b>	Se apoya en la mesa posterior
<b>Acción</b>	Se toca y suena el teléfono
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Teléfono Bocina Botones



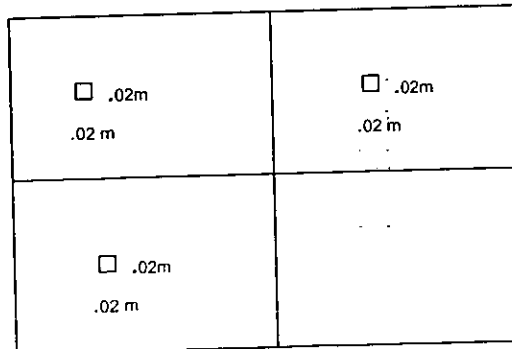
<b>Objeto</b>	teléfono
<b>Color RGB</b>	.75 .75 .75
<b>Medidas</b>	(.18,.03,.2)



<b>Objeto</b>	Bocina
<b>Color RGB</b>	.75 .75 .75
<b>Medidas</b>	(.05,.1,.2)



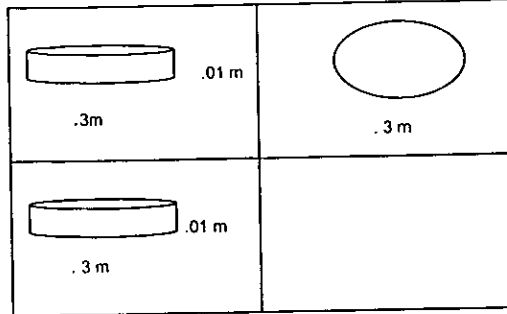
<b>Objeto</b>	Botones
<b>Color RGB</b>	1 1 1
<b>Medidas</b>	(.02,.02,.02)



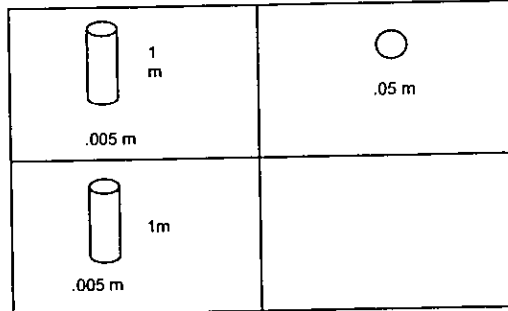
<b>Nombre</b>	Lámpara de Piso
<b>Tipo</b>	Compuesto
<b>Descripción</b>	Lámpara de Piso
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso
<b>Acción</b>	Prende y Apaga la luz
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Base Poste Lámpara



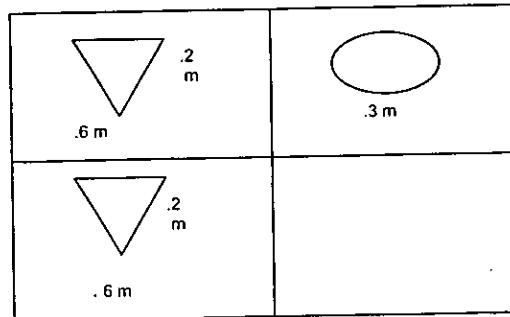
<b>Objeto</b>	Base
<b>Color RGB</b>	1 1 0
<b>Medidas</b>	Radio: .3 Altura .01



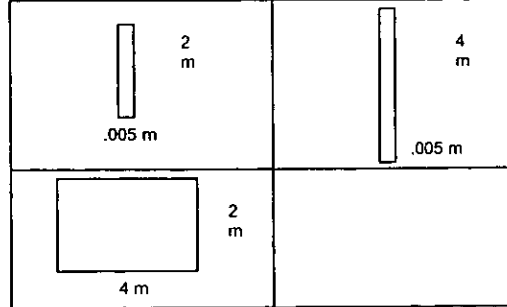
<b>Objeto</b>	Poste
<b>Color RGB</b>	1 1 0
<b>Medidas</b>	Radio 0.05 Altura 1



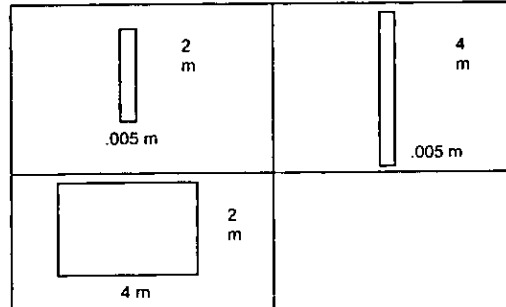
<b>Objeto</b>	Lámpara
<b>Color RGB</b>	1 1 0
<b>Medidas</b>	Base 0.03 Altura .5



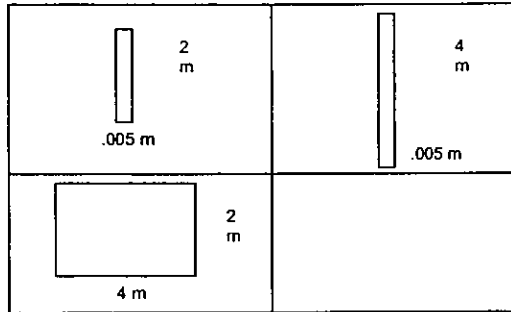
<b>Nombre</b>	Pared Habitación
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Paredes de la habitación
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso Sostiene al techo
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



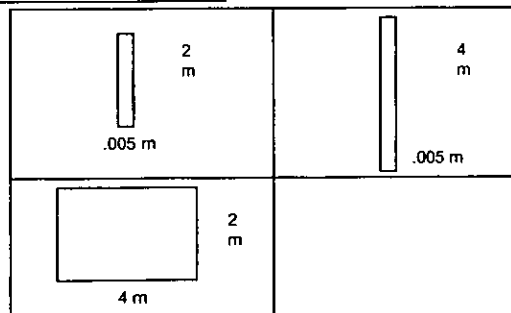
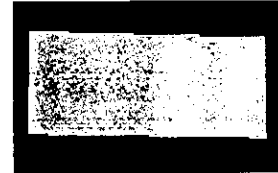
<b>Nombre</b>	Pared Estancia
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Paredes que conforman la estancia sala-comedor
<b>Relación</b>	Se apoya en el piso Sostiene al techo
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	Varias
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



<b>Nombre</b>	Pared Pasillo
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Paredes que conforman al pasillo
<b>Relación</b>	Sostiene al techo Se apoya en el piso
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Color RGB</b>	1 0 0
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno

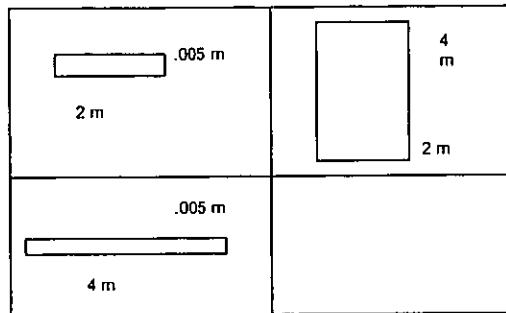
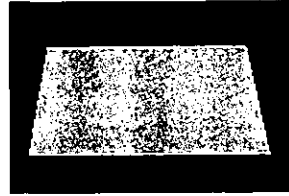


<b>Nombre</b>	Pared Fachada
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Paredes que forman la fachada de la casa
<b>Relación</b>	Sostiene a las ventanas
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	.94 .49 .18
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno

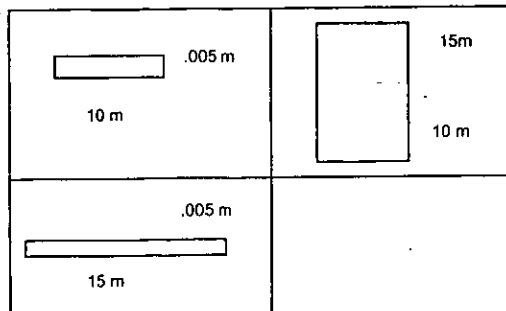
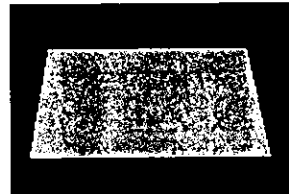




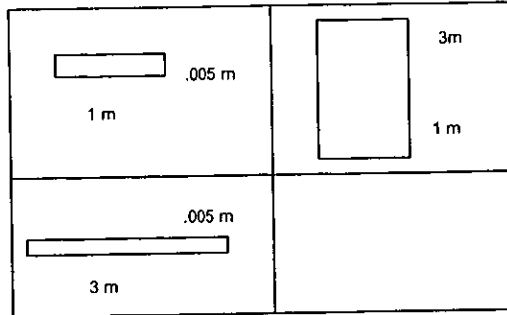
<b>Nombre</b>	Piso Habitación
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Piso de la habitación
<b>Relación</b>	Sostiene a las paredes frontal, derecha e izquierda Soporta la cama Soporta el tocador Soporta la lámpara de piso Apoya al tapete
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Color RGB</b>	
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



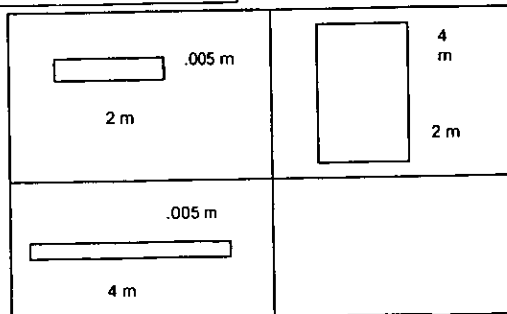
<b>Nombre</b>	Piso Estancia
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Piso de la estancia sala-com.
<b>Relación</b>	Sostiene a las paredes frontal, derecha e izquierda Soporta al comedor, sillas y vitrina Soporta la sala Soporta las mesitas de centro y de teléfono
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Color RGB</b>	1 1 1
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



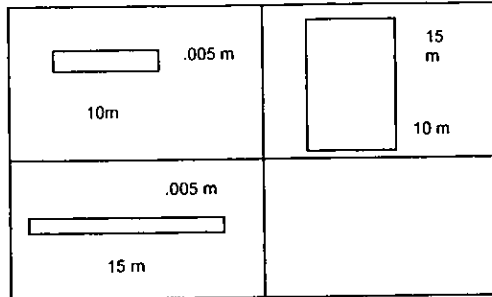
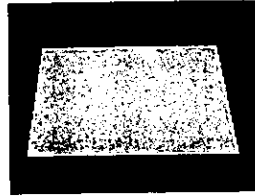
<b>Nombre</b>	Piso Pasillo
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Piso del pasillo
<b>Relación</b>	Sostiene a las paredes derecha, izquierda y a la puerta
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Color RGB</b>	.75 .75 .75
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



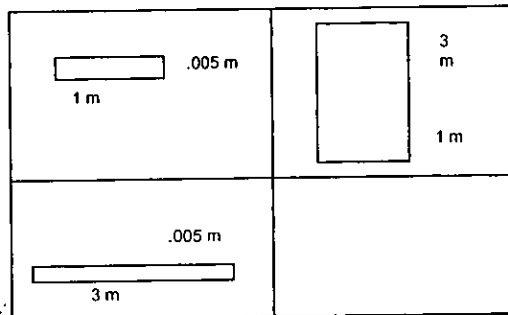
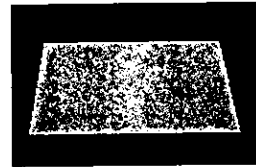
<b>Nombre</b>	Techo Habitación
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Techo de la habitación
<b>Relación</b>	Se apoya en las paredes frontal, derecha e izquierda
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	1 1 1
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



<b>Nombre</b>	Techo Estancia
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Techo de la estancia sala-comedor
<b>Relación</b>	Se apoya en las paredes frontal, derecha e izquierda
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	.75 .75 .75
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



<b>Nombre</b>	Techo Pasillo
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Techo del pasillo
<b>Relación</b>	Se apoya en las paredes derecha, izquierda y la puerta
<b>Acción</b>	Ninguna
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Textura</b>	.49 .71 .384
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



<b>Nombre</b>	Timbre
<b>Tipo</b>	Sencillo
<b>Descripción</b>	Timbre de la entrada
<b>Relación</b>	Se apoya en la fachada
<b>Acción</b>	Al tocar, suena el timbre
<b>Restricción</b>	No tiene movimiento
<b>Color RGB</b>	1 1 0
<b>Objetos por los que se compone</b>	Ninguno



 .15 m .1 m	 .001 m .1 m
 .15 m .001 m	

2. Matriz de Relaciones

Fachada

	Puerta prin	Barda	Jardin	Acera	Timbre	Vent	Pared der, tac	Pared izq, tac	piso	Fachada	techo
Puerta prin											
Barda									X	X	
Jardin						X			X		
Acera									X	X	
Timbre											
Ventana											
Pared der, ta									X	X	X
Pared izq, ta							X	X	X	X	X
Piso							X	X	X	X	X
Fachada							X	X			
Techo							X	X		X	

Estancia

	Sillón chico	Sillón gda	Mesa centro	Mesa comed	Mesa telef.	Silla	Vitrina	Cuadro	Pared der	Pared izq	Pared frontal	piso	techo
Sillón chico												X	
Sillón grande												X	
Mesa centro												X	
Mesa comedor												X	
Mesa telefono												X	
Silla								X				X	
Vitrina								X		X		X	
Cuadro									X		X	X	
Pared der esta									X		X	X	
Pared izq esta									X	X		X	
Pared front. esta									X	X	X	X	
Techo									X	X	X		
Piso										X	X		

Pasillo

	Puerta pasillo	Lamp pasillo	Pared Der pasillo	Pared Izq pasillo	Techo	Piso
Puerta pasillo					X	X
Lamp pasillo					X	
Pared der pas					X	X
Pared Izq pas	X		X		X	X
Techo	X		X			
Piso			X	X		

Recámara

	cam	Buro izq	Buro der	Toca	lamp	Lamp piso	tapele	Pared der	Pared Izq	Pared frontal	piso	techo
cam										X	X	
Buro Izq										X	X	
Buro der										X	X	
Tocador								X			X	
Lamp		X								X	X	
Lamp piso										X	X	
Tapele										X	X	X
Pared der										X	X	X
Pared Izq									X	X	X	X
Pared frontal										X	X	X
Techo									X	X	X	
Piso									X	X	X	
Cuadro									X			
TV				X								

3. Matriz de Conductas

Objeto	Conductas	Eventos
Puerta principal	Tocar/Abrir	Click/Doble click
Timbre	Tocar/Sonar	Click/Doble click
Teléfono	Tocar/Sonar	Click/Doble click
Puerta pasillo	Tocar/Abrir	Click/Doble click
Lámpara pasillo	Prender/Apagar	Click/Doble Click
Lámpara piso	Prender/Apagar	Click/Doble Click
Televisión	Prender/Apagar	Click/Doble Click



## DOCUMENTO DEL MUNDO BASE

- Nombre: Casa Virtual
- Objetivo: El presente mundo representa una casa de manera virtual, permitiendo a los usuarios navegar a través de ella de la misma manera que en una casa normal.
- Escenas: Este mundo consta de cuatro escenas denominadas fachada virtual, estancia virtual, pasillo virtual y habitación virtual.

## 2. GLOSARIO DE ESCENAS

### PLANTILLA DE LA ESCENA

Nombre: Fachada Virtual

- Descripción:  
La presente escena describe a la fachada de una casa real, con todos los elementos que la componen.
- Funciones:  
El usuario es capaz de tocar y abrir la puerta al hacer un click con el mouse.  
El usuario puede tocar y hacer sonar el timbre haciendo click.
- Atributos:  
El tamaño de la escena es de 10m de largo\* 20m de ancho \* 4m de alto  
La textura y el color de la escena dependen de cada uno de los objetos que la conforman.

Nombre: Estancia Principal

- Descripción:  
La presente escena describe a una estancia de sala comedor real, con todos los elementos que la componen.
- Funciones:  
El usuario es capaz de tocar y hacer sonar el teléfono.
- Atributos:  
El tamaño de la escena es de 15 m de largo\* 10m de ancho \* 3m de alto

La textura y el color de la escena dependen de cada uno de los objetos que la conforman.

Nombre: Pasillo Principal

□ Descripción:

La presente escena describe a un pasillo real, con todos los elementos que la componen.

□ Funciones:

El usuario es capaz de prender y apagar las lámparas al hacer clic con el mouse.

□ Atributos:

El tamaño de la escena es de 5m de largo\* 1m de ancho \* 3m de alto

La iluminación depende de las lámparas.

La textura y el color de la escena dependen de cada uno de los objetos que la conforman.

Nombre: Habitación Principal

□ Descripción:

La presente escena describe a una habitación real, con todos los elementos que la componen.

□ Funciones:

El usuario es capaz de prender y apagar las lámparas al hacer clic con el mouse.

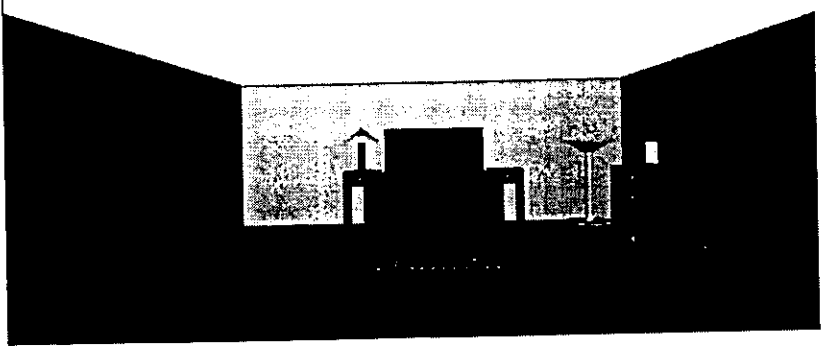
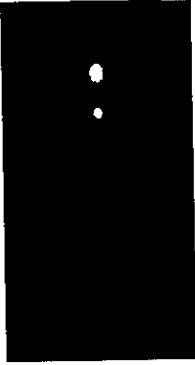
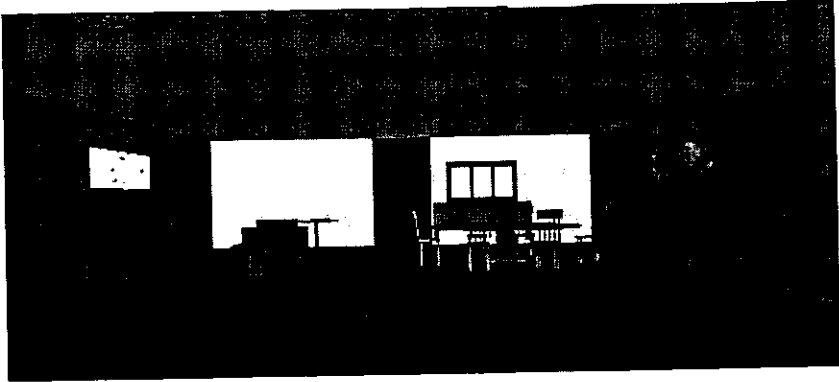
El usuario puede prender y apagar la televisión haciendo clic.

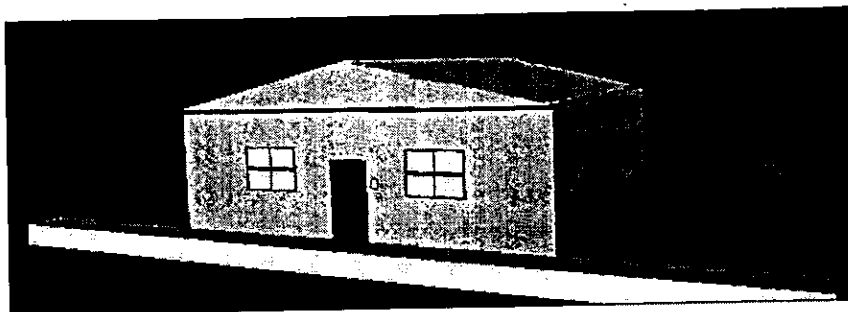
□ Atributos:

El tamaño de la escena es de 2m de largo\* 4m de ancho \* 2m de alto

La iluminación depende de las lámparas.

La textura y el color de la escena dependen de cada uno de los objetos que la conforman.





**4.4 PRUEBAS**

**4.4.1 Documento de Pruebas**

**1. Objetivo**

Las pruebas a desarrollarse tienen la finalidad de validar que el sistema cumpla con los requerimientos funcionales especificados por el usuario, así como con las expectativas del usuario final.

**2. Recursos necesarios para la prueba**

Los recursos a utilizar en esta fase son:

- Una máquina con características señaladas en el análisis, donde se inspeccionará y verificará la funcionalidad del ambiente
- Una persona que no conozca el desarrollo del sistema, pero que esté familiarizado con el entorno del proyecto y la tecnología aplicada.

**3. Especificación de las Pruebas**

**3.1 Inspección de Componentes**

Nombre de la Prueba	Inspección de Componentes
Objetivo	La lámpara es uno de los objetos dentro de la habitación que posee una funcionalidad especial (prender y apagar la luz al clic del mouse). Por lo tanto el alcance de este componente es generar o cambiar la iluminación de sí mismo.
Componentes a Inspeccionar	Lámparas
Criterio	Si el inspector valida el objetivo del componente no requerirá de revisión por parte del desarrollador y por consiguiente un desarrollo adicional
Encargado de la inspección	Salvador Rentería
Observaciones	El proceso de encendido y apagado se realiza bien. Este componente no requiere de una revisión por parte del desarrollador

**3.2 Pruebas de Unidad**

Nombre de la Prueba	Prueba de Unidad
Componentes a Inspeccionar	Ayuda interactiva
Objetivo	La ayuda dentro de la habitación permite al usuario entender la navegación por el ambiente, ésta se despliega en forma de páginas HTML.
Criterio	Se deben validar que las entradas y las salidas de este componente sean las adecuadas. Si las salidas son de acuerdo con las entradas no requiere de un desarrollo adicional
Entradas	Clic en un ícono de ayuda
Salidas	Página HTML con una breve narrativa de la navegación del sistema
Encargado de la inspección	Lizbeth Mohzo
Observaciones	El proceso de ayuda interactiva cumple con las expectativas funcionales. Este componente no requiere de una revisión por parte del desarrollador

**3.3 Pruebas de Integración**

Nombre de la Prueba	Prueba de Integración
Componentes a Inspeccionar	Casa Virtual
Objetivo	La casa virtual es una simulación de una casa real, cuenta con objetos propios de una casa y la funcionalidad de la misma. No todos los objetos componentes del ambiente poseen una funcionalidad, de tal manera que se asemeje a la realidad
Criterio	Se probará que los componentes interactúen entre sí, es decir, se probarán los objetos con funcionalidad dentro del ambiente completo. Si estos objetos demuestran la funcionalidad esperada, el ambiente no requiere de desarrollo adicional
Encargado de la inspección	Salvador Rentería
Observaciones	El proceso de navegación a través del ambiente virtual se realiza de acuerdo a las expectativas funcionales. La funcionalidad de algunos objetos no se ve afectada en la integración del sistema. La habitación no requiere de desarrollo adicional

**3.4 Pruebas del Sistema**

Nombre de la Prueba	Prueba Funcional
Componentes a Inspeccionar	Casa Virtual
Objetivo	La casa virtual es una simulación de una casa real, cuenta con objetos propios de una casa y la funcionalidad de la misma. No todos los objetos componentes del ambiente poseen una funcionalidad, de tal manera que se asemeje a la realidad
Criterio	Se probará que la casa virtual cumpla con los requerimientos funcionales y que el mismo se adapte fácilmente al ambiente, ya que estará hecho ex profeso para él.
Encargado de la inspección	Lizbeth Mohzo
Observaciones	El proceso de navegación a través del ambiente virtual se realiza de acuerdo a las expectativas funcionales. La ayuda es el único punto que requiere ser revisado por que no contempla algunos aspectos.

Nombre de la Prueba	Prueba de Instalación
Componentes a Inspeccionar	Casa Virtual
Objetivo	El ambiente desarrollado, es un ambiente portable y fácil de implementar en cualquier otro ambiente de computadoras personales(PC)
Criterio	Se probará que los componentes del ambiente se puedan instalar fácilmente y que a su vez la casa cuente con la funcionalidad presentada en la máquina de desarrollo. Si estos objetivos se cumplen, el ambiente no requiere de desarrollo adicional
Encargado de la inspección	Salvador Renteria
Observaciones	La instalación del ambiente fue prácticamente impecable y el ambiente nunca perdió la funcionalidad demostrada en las pruebas anteriores.

**4. Conclusiones Generales**

La experiencia adquirida en el desarrollo de las pruebas indica que los requerimientos funcionales especificados por el usuario en la etapa de análisis fueron significativos en el resultado del proyecto. Se puede concluir que sin cambios importantes el ambiente cumplió con su objetivo de manera exitosa sin consumir más tiempo del estimado.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES

En el trabajo de investigación que se ha realizado durante la tesis, se han podido deducir aspectos importantes referentes a la creación de ambientes virtuales. Dichas apreciaciones nos permiten concluir lo siguiente:

Actualmente el campo de la realidad virtual ha tenido un gran impulso enfocado hacia diferentes áreas, trayendo como resultado la creación de diversos ambientes virtuales. Sin embargo, resalta la falta de una metodología formal que le indique al desarrollador los aspectos a considerar para la creación de un ambiente.

La investigación de las diferentes metodologías nos permitió concluir que para crear ambientes virtuales, los desarrolladores se han enfocado hacia el uso de objetos, por la facilidad y reutilización que tienen, es por ello que en la propuesta de la metodología, se hizo referencia a las etapas comunes de las metodologías orientadas a objetos adaptándolas hacia la realidad virtual.

Una vez que se definió la propuesta, el producto nos sirvió como una herramienta para probar la validez de la misma y verificar la importancia que los documentos entregables poseen cuando se realiza un proyecto donde se manejan tiempos de terminación de cada fase, tiempos de entrega pero que sobretodo, facilitan el entendimiento del ambiente y permiten realizar modificaciones que no afecten el funcionamiento del mismo.

La importancia del uso de entregables se observa durante las etapas de planeación, análisis y diseño, mismas que constituyen la parte delicada de la metodología. Las etapas de desarrollo e implementación dependen de la herramienta a utilizar, es por esto que estas etapas no están definidas específicamente, sino que el equipo desarrollador deberá indicar la forma en la



que se deberá implementar el ambiente de acuerdo a las especificaciones de la herramienta.

Un aspecto a recalcar, es que la propuesta de la metodología se encuentra abierta al cambio, ya que a pesar de que se probó durante la realización del producto, éste no posee el potencial necesario para generalizarlo sino que únicamente se maneja como una propuesta la cual no tiene mejor forma de verificarse que probándose.

## GLOSARIO

**Actor:** Division utiliza un actor para representar un servidor.

**Ambiente virtual:** Un entorno simulado o conceptual, el cual, como resultado, puede referirse a cualquier cosa.

**Asíncrono:** Los procesos asíncronos son independientes de los demás y corren a diferentes velocidades.

**Atributo:** Característica que posee un objeto. Propiedades asociadas a los objetos virtuales como el color, detalle de la superficie y masa.

**Base de Datos:** Datos recolectados y almacenados de forma estructurada para facilitar el acceso a la información; contiene registros y campos.

**CAD (Computer Aided Design):** El uso de computadoras para el diseño de productos. Los sistemas CAD son estaciones de trabajo especializadas o computadoras personales de alto rendimiento que emplean software CAD y dispositivos de entrada como tabletas gráficas y exploradores. El software CAD está disponible para usos generales o para usos especializados como diseño arquitectónico, eléctrico y mecánico. Puede asimismo estar altamente especializados para crear productos como circuitos impresos e integrados.

**Clase:** Tipo de datos definido por el usuario que contiene sus propios datos y procesamiento. Un miembro de la clase (objeto) es un ejemplo de la clase.

**Cuadro (Frame):** En gráficos por computadora, el contenido de una pantalla de datos a su espacio equivalente de almacenamiento.

**Display:** Pantalla de presentación. Una superficie sobre la cual se muestran temporalmente texto y gráficos con fines de presentación. Es típicamente de tecnología CRT o de panel plano.

**Estación de trabajo:** Una microcomputadora de un solo usuario, generalmente con una capacidad de gráficos a alta resolución y alta velocidad, que puede poner en marcha las aplicaciones de forma independiente o conjuntamente con otras computadoras por medio de una red. Las estaciones de trabajo son consideradas más potentes que las computadoras personales; sin embargo, muchos PCs modernos superan a las antiguas estaciones de trabajo y son menos costosos.

**Fuente de luz:** Fuente virtual de iluminación sobre la cual se pueden realizar los cálculos de intensidad sobre las superficies.

**Háptico:** Perteneciente a las sensaciones táctiles, presión, temperatura, giro, etc, mediante la piel los músculos, los tendones o las articulaciones, que representa sensaciones táctiles (aunque no está limitado a ellas).

**Instancia:** Miembro de una clase, Lassie es un ejemplo de la clase perro. Cuando se crea un ejemplo se asignan los valores iniciales de sus variables ejemplo.

**Interfaz:** Una conexión e interacción entre hardware, software y usuario. Las interfazs de hardware son los conectores y cables que transportan las señales eléctricas en un orden prescrito. Las interfazs de software son los lenguajes, códigos y mensajes que utilizan los programas para comunicarse unos con otros, tal como el programa de aplicación y el sistema operativo. Las interfazs del usuario son los teclados, ratones, diálogos, lenguajes de comando y menús empleados para la comunicación entre el usuario y la computadora.

**Joystick:** Palanca de juegos. Palanca omnidireccional que se usa para mover el cursor en la pantalla más rápidamente de lo que puede ser movido con las teclas direccionales de las flechas. Se usa extensamente en los juegos de vídeo, pero también se usa como dispositivo de entrada en sistema CAD.

**Mip Maps:** Conjunto jerárquico de mapas de texturas filtradas desarrolladas para reducir el tiempo invertido en las operaciones de mapeo.

**Modelo (RV):** Base de datos gráfica de los colores y coordenadas que corresponden a las piezas con formas poligonales del mundo virtual; una simulación generada por computadora de algo real.

**Multimedia:** La comunicación de información en más de una forma; incluye el uso de texto, audio, gráficos, animación de gráficos y vídeo.

**Objeto Virtual:** Imagen tridimensional generada por computadora en un entorno virtual, representaciones en el espacio virtual con el que el usuario interacciona.

**Protocolo de pruebas:** Método que permite ejecutar los programas nuevos o modificados para determinar si los mismos procesan correctamente todos los datos.

**Radiosidad:** Modelo de iluminación global utilizado por intensidades de luz como resultado de múltiples reflexiones difusas. Grados de los colores y la brillantez, como los reflejos difusos en los interiores de un edificio.

**Rendereo:** Dibujar un objeto del mundo real como realmente aparece. En tratamiento de gráficos por computadora, imagen tridimensional que incorpora la simulación de efectos de iluminación tales como sombra y reflexión.

**Script:** Guión, programa o macro.

**Tecnologías de objetos:** Se utiliza para encerrar todos los aspectos de una visión orientada a objetos e incluye el análisis, diseño y métodos de prueba, lenguajes de programación, herramientas, bases de datos y las aplicaciones que fueron creadas usando el enfoque orientado a objetos.

**Tiempo real:** Implica una reacción instantánea a cualquier cambio en las señales procesadas. El momento justo en que algo sucede; para resolver problemas con la

computadora, el tiempo entre la entrada de datos y la solución; utilizado cuando la respuesta a una entrada es lo suficientemente rápida como para afectar las entradas posteriores.

Visualización háptica: Visualización generada por computadora diseñada para apelar a los sentidos hápticos, cuando las cosas parecen moverse en diferentes direcciones con grados variables de fuerza; objetos del mundo virtual que tienen asignados campos de fuerza, torsión, ficción calor y presión, que son percibidos por la persona que entra en interacción con ellos.

## APENDICE I NOTACIÓN UML

La notación a utilizar se basa en UML (Unified Modeling Lenguaje) que es el resultado de la unificación de varias metodologías orientadas a objetos<sup>18</sup> OMT (Object Modeling Technique), Booch y OOSE (Object Oriented Software Engineering)

UML ha sido diseñada para un amplio rango de aplicaciones. El desarrollo de sistemas se enfoca en tres diferentes modelos que se aplican:

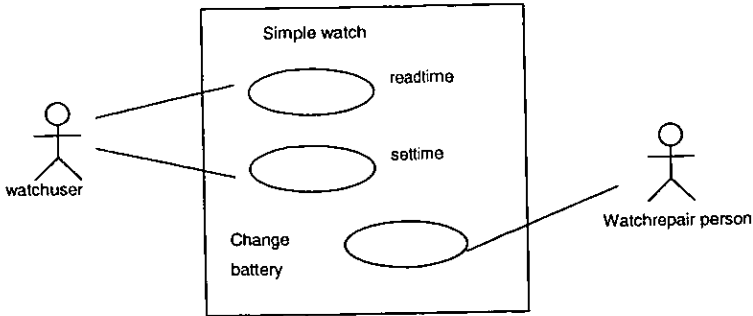
1. **Modelo Funcional** : Describe la funcionalidad del sistema desde el punto de vista del usuario. Se representa a través de diagramas de caso de uso (caso de uso).
2. **Modelo de Objetos**: Describe la estructura de un sistema en términos de objetos, atributos, asociaciones y operaciones. Se representa por medio de diagramas de clase.
3. **Modelo Dinámico**: Describe la conducta interna del sistema, a través de diagramas de secuencia, diagramas de gráficas de estado (statecharts) y diagramas de actividad.

A continuación se especifican los diagramas definidos por UML que serán utilizados en la metodología a proponer.

1. **Diagramas de Caso de uso**: Se utilizan durante el levantamiento de requerimientos y el análisis, con el fin de representar la funcionalidad del sistema. Representan el flujo completo de eventos a través del sistema, en el sentido que describe el conjunto de interacciones relacionadas con una función específica del sistema.

---

<sup>18</sup> Bruegge, Bernd; Dutoit, Allen H, Object Oriented software engineering. Ed. Mc Graw Hill. Pp 24



I.1 Diagrama de Caso de Uso

2. **Diagramas de objeto:** Se utilizan para describir la estructura del sistema. Las clases son abstracciones que especifican la estructura común y la conducta de un conjunto de objetos.

En UML las clases y objetos son representados por cajas divididas en tres compartimentos; el compartimiento superior despliega el nombre de la clase u objeto, el compartimiento del centro despliega sus atributos mientras que el compartimiento inferior muestra las operaciones.

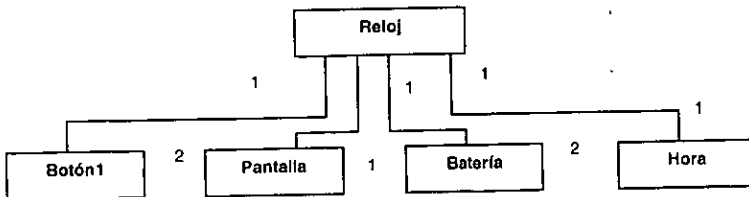


Figura I.2 Diagrama de Objetos

3. **Diagramas de secuencia:** Se emplean para formalizar la conducta del sistema y visualizar la comunicación entre objetos. Son muy útiles para identificar objetos adicionales que participan en los casos de uso.

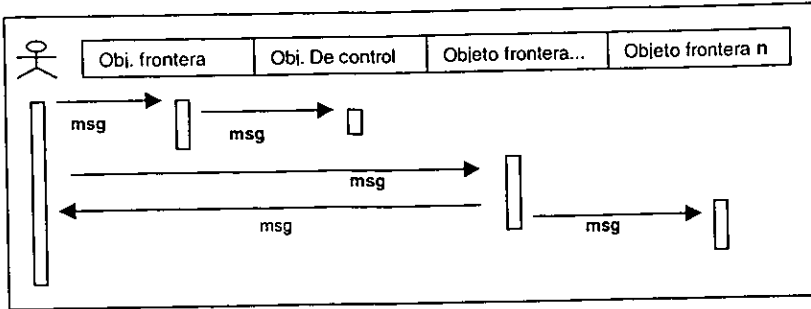


Figura I.3 Diagrama de secuencia

4. **Diagramas de actividad:** Describen al sistema en términos de actividades; las actividades son estados que representan la ejecución de un conjunto de operaciones.

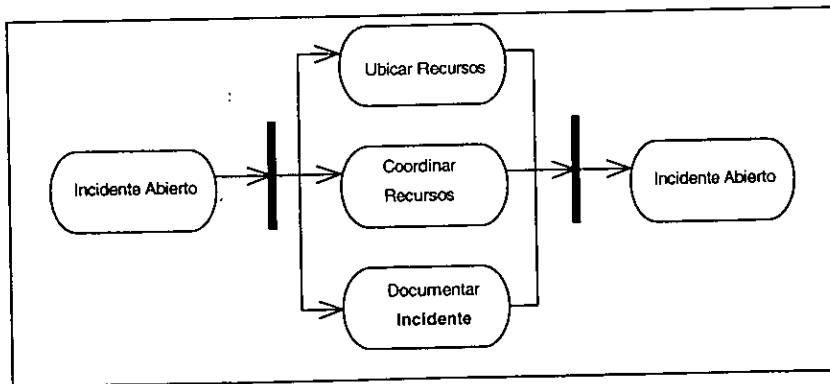


Figura I.4 Diagrama de Actividad



## APÉNDICE II CONCEPTOS DE GRAFICACIÓN POR COMPUTADORA.

### TRASLACIÓN

La traslación es una transformación simple. Se puede desarrollar una matriz que explique dicha transformación, considerando la traslación de un solo cuadro. Si se encuentra un cuadro

El marco trasladado será aquel dado por la siguiente expresión

$$F' = (a, b, c, O).$$

En el cual su origen ha sido desplazado, sin embargo los vectores permanecen con sus mismas dimensiones. Si se escribe a o' en términos del cuadro anterior

$$O' = a\vec{u} + b\vec{v} + c\vec{w} + O$$

Luego se puede escribir el cuadro F' en términos del cuadro F mediante la siguiente expresión matricial:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ a & b & c & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{u} \\ \vec{v} \\ \vec{w} \\ O \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{u}' \\ \vec{v}' \\ \vec{w}' \\ O' \end{bmatrix}$$

De esta manera una matriz de 4x4 implementa la transformación de cuadro por cuadro para trasladar a los mismos y cualquier matriz de este tipo trasladará el cuadro F

$$T_{a,b,c} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ a & b & c & 1 \end{bmatrix}$$

A esta matriz se le conoce como Matriz de Traslación y se utilizan matrices de este tipo para implementar las traslaciones.

**APLICANDO LA TRANSFORMACION DIRECTAMENTE A LAS COORDENADAS LOCALES DE UN PUNTO**

Dado un cuadro  $F = (u,v,w,O)$  y un punto  $P$  que tiene coordenadas  $(u,v,w)$  en  $F$ , si se aplica la transformación a las coordenadas del punto se obtendrá :

$$\begin{bmatrix} u & v & w & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ a & b & c & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u+a & v+b & w+c & 1 \end{bmatrix}$$

La siguiente figura ilustra la traslación de un punto que se encuentra en el cuadro  $F$ .

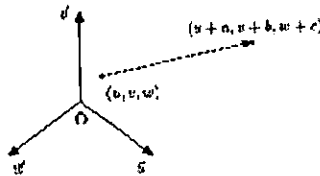


Figura II.1 Traslación de un punto en 3D

ROTACIÓN

ROTACION REFERENTE AL EJE X

La transformación de la rotación en torno al eje x para un espacio en 3 Dimensiones se realiza a través de la siguiente matriz de rotación:

**MATRIZ DE ROTACIÓN**

La transformación para la rotación de ángulo  $\theta$  radianes en el plano cartesiano, se especifica por la siguiente matriz:

$$R_{x,\theta} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(Nótese que como el punto se rota con relación al eje x, el valor de x para el punto no cambiará). Si está transformación se aplica a la coordenada (x,y,z), se tendrá lo siguiente:

$$\begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y \cos \theta - z \sin \theta & y \sin \theta + z \cos \theta & 1 \end{bmatrix}$$

El efecto de esta transformación se ilustra mediante la siguiente figura

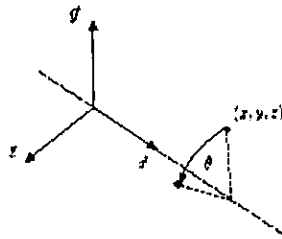


Figura II.2 Rotación sobre el eje x de un punto en 3D

### ROTACION REFERENTE AL EJE Y

La transformación de la rotación en torno al eje y para un espacio en 3 Dimensiones se realiza a través de la siguiente matriz de rotación:

#### MATRIZ DE ROTACIÓN

La transformación para la rotación de ángulo  $\theta$  radianes en el plano cartesiano, se especifica por la siguiente matriz:

$$R_{y,\theta} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(Nótese que como el punto se rota con relación al eje y, el valor de y para el punto no cambiará). Si está transformación se aplica a la coordenada x,y,z, se tendrá lo siguiente:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \cos\theta + z \sin\theta & y & -x \sin\theta + z \cos\theta & 1 \end{bmatrix}$$

El efecto de esta transformación se ilustra mediante la siguiente figura

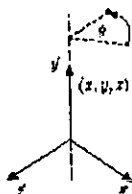


Figura II.3 Rotación sobre el eje y de un punto en 3D

**ROTACION REFERENTE AL EJE Z**

La transformación de la rotación en torno al eje z para un espacio en 3 Dimensiones se realiza a través de la siguiente matriz de rotación:

**MATRIZ DE ROTACION**

La transformación para la rotación de ángulo  $\theta$  radianes en el plano cartesiano, se especifica por la siguiente matriz:

$$R_{z,\theta} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(Nótese que como el punto se rota con relación al eje z, el valor de z para el punto no cambiará). Si está transformación se aplica a la coordenada (x,y,z), se tendrá lo siguiente:

$$\begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x\cos\theta - y\sin\theta & x\sin\theta + y\cos\theta & z & 1 \end{bmatrix}$$

El efecto de esta transformación se ilustra mediante la siguiente figura  
 Figura II.2 Rotación sobre el eje x de un punto en 3D

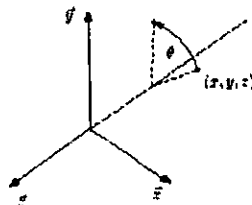


Figura II.4 Rotación sobre el eje z de un punto en 3D

## BIBLIOGRAFIA

- Vince, John. Sistemas de Realidad Virtual. Addison-Wesley.
- Larijani, Casey. Realidad Virtual. McGraw Hill. 1994
- Stampe, Dave/Roehl, Bernie/Eagan, John. Realidad Virtual. Creaciones y Desarrollo. Ed. Anaya Multimedia.
- UML Semantics. UML V1.3.1999.
- The Virtual Reality Modeling Language. The VRML Consortium Incorporated. 1997.
- Bruegge Bernd, Dutoit Allen H. Object-Oriented software Engineering. Conquering Complex and Changing Systems. Ed. Prentice Hall. 2000
- Pressman, Roger S. Ingeniería de Software: Un enfoque práctico. Ed. Mc Graw Hill. 4ª edición, 1998
- Larijano, L. Casey. Realidad Virtual. Ed McGraw Hill.
- Freedman, Alan. Diccionario de Computación. Ed. Mc Graw Hill. 5ª edición, 1993.
- Dr Mitchell, William L. Moving the Museum onto the Internet: The use of virtual environments in education about ancient Egypt. Department of Computing, Manchester Metropolitan University.
- Osberg, Kimberley, HITL. A Teacher's Guide to Developing Virtual Environments: VRRV Project Support. HITL Technical Publication: R-97-17.
- Firesmith, Donald G. Object Oriented Requirements Analysis and Logical Design A Software Engineering Approach, Ed John Wiley & Sons. 1992.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Dr. Mitchell, William L. Virtual Environments-real uses. Department of Computing & Mathematics, Manchester Metropolitan University.
- Dr. Mitchell, William L. Methodological Approaches to Developing Content for the Cultural Grid. Department of Computing. Manchester Metropolitan University.
- Winn William. A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality. Human Interfaz Technology Laboratory. Washington Techonology Center, University of Washington.
- Neves Nelson, Goncalves Pedro, Muchaxo Joaquin, Jordao Luis, Silva Pedro, Videira Nuno. Virtual GIS Room: Interfacing Information in Virtual Environments. New University of Lisbon.
- Kalawsky Roy S. New Methodologies and Techniques for Evaluating User Performance In Advanced 3D Virtual Interfaces. Advanced VR Research Centre.
- Slater Mel, Usoh Martin et al. Distributed Extensible Virtual Reality Laboratory (DEVRL): A Project for Co-operation in Multi-Participant Environments. University College London, UK.
- MacIntyre Blair, Feiner Steven. Language-Level Support for Exploratory Programming of Distributed Virtual Environment. Department of Computer Science, Columbia University.
- Feiner Steven, MacIntyre Blair. Windows on the World: 2D Windows for 3D Augmented Reality. Department of Computer Science, Columbia University.
- Bayliss G.M., Bowyer A. At el. Virtual Manufacturing. School of Mechanical Engineering and School of Mathematical Sciences.
- Bowyer Adrian. Process Planning for Free. School of Mechanical Engineering. University of Bath.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Brutzman Donald P, Macedonia Michael R, Zyda Michael J. Internetwork Infrastructure Requirements. Computer Science Department, Naval Postgraduate School.
- Angel Edward. Interactive Computer Graphics A Top Down Approach with Open GL. Addison Wesley.
- Foley, Van Dam,Feiner,Hughes,Phillip. Introduction to Computer Graphics. Addison Wesley,1994
- <http://www.vrmlsite.com>
- <http://www.hitl.washington.edu>
- <http://www.hitl.washington.edu/research/alpha.html>
- <http://www.home.netscape.com/eng/live3d/howto/vrml-primer-index.html>
- <http://www.cc.gatech.edu/gvu/people/Phd/BenjaminWatson/links/vr.html#journals>
- <http://www.mitpress.mit.edu/journal-home>
- [http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge\\_base/onthenet.html](http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge_base/onthenet.html)
- <http://www.evl.uic.edu/tile/NICE/NICE/intro.html>
- <http://interact.uoregon.edu/MediaLit/FA/MlarticleFolder/vr1issue.html>
- <http://www.vetl.uh.edu/Hubble/virtel.html>
- <http://www.vetl.uh.edu/surgery/surpage.html>
- [http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge\\_base/education.html](http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge_base/education.html)
- <http://www.maths.bath.ac.uk/MEDIA/PROJECT/VIRTUAL/virtual.html>
- <http://cybermed.uc.sd.edu/AT/Biblio/ATBiblio.html>
- <http://www.cs.columbia.edu/graphics/publications/publications.html>
- <http://www.CRCG.edu/projects.virtproto.html>
- <http://www.cc.gatech.edu/gvu/virtual/CDS>
- <http://www.doc.mmu.ac.uk/RESEARCH/virtual-museum/pubs>
- <http://www.demon.co.uk/mlab/cl-proj.html>
- <http://zansiii.millersv.edu/cs373.html>
- <http://www.vapoutech.com/vrmlguide>
- <http://www.cs.iupui.edu/~aharris/mm/vrml1/vrml1.html>
- <http://www.geocities.com/mellott124>
- <http://www.virtualresearch.com>
- <http://graphics.cs.ucdavis.edu/GraphicNotes>