



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE DERECHO**

**SEMINARIO DE DERECHO PENAL**

**“UTILIDAD PRÁCTICA DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA COMO  
HERRAMIENTA COMPLEMENTARIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA  
MEDICINA FORENSE EN LA CARRERA DE DERECHO EN LA U. N. A. M.”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN DERECHO  
PRESENTA:**

**NORMA KARINA BAUTISTA GARCÍA**

**ASESOR:**

**LIC. PAUL OCTAVIO GARCÍA TORRES**

**México, D. F., Ciudad Universitaria. 2009.**





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.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 DIOS, por permitirme conocer los aspectos buenos y malos de la vida, porque de ellos he adquirido el mejor de los aprendizajes.

A mi Alma Mater, la UNAM, por colaborar a la formación de profesionistas que ponen en alto el nombre de nuestro país.

A mi MAMÁ, la señora SARA GARCÍA BALTAZAR, por ser un pilar en mi vida, por todo el cariño y la confianza que deposito en mí para que fuera una mejor persona y porque aunque ya no esté físicamente conmigo, su recuerdo y enseñanzas siempre me acompañan.

A mi PAPÁ, el señor PEDRO BAUTISTA CERÓN, por todo su esfuerzo, comprensión y cariño, sin el cual hubiera sido más difícil salir adelante.

A mi asesor de tesis, DR. PAUL OCTAVIO GARCÍA TORRES, por brindarme su tiempo y apoyo para la realización de éste proyecto y por todas esas cátedras que acrecentaron mi amor por el DERECHO.

A la DRA. ANGÉLICA COLORADO BISTRAIN, por ser el mejor de los apoyos para el desarrollo de ésta investigación, por su paciencia y consejos.

A mis hermanos MARÍA, SARA, PEDRO y LUÍS porque siempre han creído en mí.

A mi abuelito FABIÁN y mi tío RUBÉN, esos dos angelitos que siempre están conmigo, por todo su amor y confianza.

A la licenciada CRISTINA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, por creer en mí y por la paciencia que me ha tenido, pero sobre todo por todo aquello que me ha enseñado, no solo en el aspecto jurídico, sino en el aspecto personal, lo que ha contribuido a mi crecimiento como persona.

A mis amigos, porque con ellos los momentos felices han sido intensos y los desagradables más llevaderos.

# ÍNDICE

## UTILIDAD PRÁCTICA DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA COMO HERRAMIENTA COMPLEMENTARIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA MEDICINA FORENSE EN LA CARRERA DE DERECHO EN LA U. N. A. M.

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	I

### CAPÍTULO 1. REALIDAD VIRTUAL.

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Definición y Tipos de Realidad Virtual.....	7
1.3. Herramientas para el Desarrollo de la Realidad Virtual.....	12
1.3.1. Software.....	12
1.3.1.1. Programación y Modelado.....	13
1.3.2. Hardware.....	22
1.4. Niveles de Tecnología de Realidad Virtual.....	25

### CAPÍTULO 2. REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA.

2.1. Diferentes Niveles de Inmersión.....	28
---	----

2.1.1. Visión.....	29
2.1.1.1. Estereoscopía.....	31
2.1.2. Interacción.....	33
2.1.3. Audición.....	35
2.1.4. Tacto.....	40
2.2. Aplicaciones de la Realidad Virtual Inmersiva.....	42

### **CAPÍTULO 3. MEDICINA FORENSE.**

3.1. Antecedentes.....	51
3.2. Definición.....	55
3.3. Clasificación.....	59
3.3.1. Medicina Forense Traumatológica.....	60
3.3.2. Medicina Forense Tanatológica.....	63
3.3.2.1 Levantamiento de Cadáver.....	65
3.3.2.2 Necropsia.....	72
3.3.3. Medicina Forense Deontológica.....	78
3.3.4. Medicina Forense Clínica.....	88
3.4. La Medicina Forense y la Investigación Delictiva.....	91

3.5. La Medicina Forense y el Lugar de los Hechos.....	94
 <b>CAPÍTULO 4. LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA COMO AUXILIAR EN LA ENSEÑANZA DE LA INVESTIGACIÓN DE LA MEDICINA FORENSE.</b>	
4.1. La utilidad práctica de la Realidad Virtual Inmersiva en la Investigación Delictiva.....	101
4.2. La Realidad Virtual Inmersiva como método de enseñanza en Medicina Forense.....	105
4.3. La utilidad práctica de la Realidad Virtual Inmersiva en la Enseñanza de Pregrado en la Carrera de Derecho.....	114
 CONCLUSIONES.....	 123
 PROPUESTA.....	 128
 BIBLOGRAFÍA.....	 132

## INTRODUCCION

Actualmente nuestro país, al igual que otros en el mundo, experimenta un cambio significativo en la manera de realizar actividades que propicien un desarrollo adecuado en aspectos como educación, economía, investigación, etc.; empleando para lograr su objetivo diversas formas de tecnología como en el caso de las computadoras, máquinas que se han convertido en un instrumento elemental en la realización de tareas en las cuales se invertía más tiempo y esfuerzo, beneficios que hoy por hoy permiten que áreas en las que se hace uso de éstos aparatos el tiempo invertido sea aprovechado al máximo y por ende, los resultados que se obtienen superan en muchos casos las expectativas que en un principio se tenían contempladas.

El objetivo del presente trabajo de investigación es dar, a todas aquéllas personas que lo favorezcan con su lectura, una visión más amplia de la importancia que adquiere el empleo de las computadoras dentro del ámbito jurídico; sobre todo, en áreas en las que por su naturaleza resulta complicado su entendimiento o bien, en aquéllas en las que es necesaria la reproducción gráfica de una situación específica; siendo el objetivo principal el establecer que el nivel de tecnología que se explicará durante el desarrollo de esta exposición, permitirá al estudiante de la Licenciatura en Derecho, específicamente en el área de la Medicina Forense, reforzar todos los conocimientos teóricos que se adquieren dentro del aula de clases.

En este sentido y partiendo de que la Medicina Forense se encarga de reunir todos los conocimientos médicos que ayuden a la Administración de Justicia, es menester que complemente sus herramientas de estudio con formas de tecnología que ayuden a precisar los resultados que se obtienen en la investigación de los delitos; es por esto, que surge la idea de crear a través

de medios computarizados una realidad virtual que permita a los investigadores de hechos delictivos ampliar la perspectiva que pudieran tener respecto a aquello que ocurrió en el lugar de los hechos, así tenemos que el tipo de realidad que se emplearía para lograr estos objetivos es la Realidad Virtual Inmersiva cuya utilidad práctica para la enseñanza de la Medicina Forense en la Carrera de Derecho en la U. N. A. M., constituye el tema central en que se basará la presente exposición, tema que por sí solo dará lugar a que se adopten diferentes posturas entre aquéllos que den lectura al trabajo una vez que haya sido concluido, ya que resulta incongruente que exista un mundo virtual que nos pueda ayudar a comprender al mundo real; sin embargo, con la ayuda de dispositivos adecuados, esto sí es posible.

Para entender un poco más el objetivo que se pretende alcanzar con este proyecto, es necesario empezar por explicar qué es lo que se conoce como Realidad Virtual, la cual se entiende como una representación de las cosas a través de los medios electrónicos, representación que da la sensación de estar en una situación real en la que es posible la interacción con aquello que nos rodea; esta realidad virtual se divide en dos tipos, la inmersiva y la no inmersiva, importándole a la investigación únicamente lo referente a la primera de las mencionadas, por lo que la no inmersiva será objeto de comentarios muy específicos; en ese tenor, las aplicaciones de la realidad virtual inmersiva son aquéllas experimentadas con varios de nuestros sentidos; es decir, básicamente consiste en simular las posibles percepciones que una persona pudiera tener respecto a un hecho determinado, específicamente aquéllas que se captan a través de la vista, el oído y el tacto.

Esta realidad virtual para su desarrollo se basa en su mayor parte en un software sofisticado que con la colaboración del soporte hardware dan la posibilidad de crear la realidad virtual, la cual se ha utilizado por ejemplo, para la demostración de productos, anuncios publicitarios, arquitectura, comercio,

arte, entretenimiento, laboratorios virtuales y de visualización científica; esto es, ya ha sido utilizada para llevar a cabo simulaciones en algunas investigaciones, dicho lenguaje a su vez se auxilia de otros dispositivos como lentes, cascos o guantes que hacen posible el desarrollo de sus potenciales y así lograr que la forma de actuar dentro del mundo virtual sea muy similar a la del mundo real, moviéndonos en todas direcciones y experimentar la relación que se tiene con los objetos tal y como lo hacemos en nuestra vida cotidiana.

Una vez que se ha establecido de manera somera lo que se entiende por realidad virtual, el siguiente paso en el desarrollo de esta exposición es señalar aspectos muy específicos de la Medicina Forense, lo que constituye un punto sumamente importante antes de entrar de lleno al estudio de la relación que guardan la realidad virtual y la Medicina Forense en la investigación de los hechos delictivos.

Por un lado, la Medicina Forense es la rama de la Medicina que reúne todos los conocimientos médicos que coadyuvan con la Administración de Justicia; es decir, es la rama de la Medicina que abarca toda la actividad relacionada con el Poder Judicial, entre sus múltiples campos de actuación encontramos que es esencial por ejemplo, para el levantamiento de un cadáver después de una muerte sospechosa o violenta; nos ayuda a establecer signos distintivos de la posible causa de muerte y a señalar la hora en que pudo haber ocurrido el fallecimiento; de esto se concluye que la Medicina Forense se convierte en un auxiliar para la investigación de los delitos y para lograr su objetivo, se complementa con otras disciplinas que sirven como herramientas para obtener resultados específicos sobre determinados hechos y, son precisamente los resultados que el investigador pretende obtener, los que propician el surgimiento de la relación entre la realidad virtual inmersiva con la Medicina Forense y la Investigación de delitos.

Como ya señalé, la Medicina Forense es una herramienta que ayuda al investigador a esclarecer lo que pudo haber ocurrido en el lugar en que se dio un hecho delictivo, basándose en otros instrumentos para aportar mayores datos a una investigación; en este sentido, la realidad virtual se puede convertir en uno de esos instrumentos que coadyuvan en dichas investigaciones y vendría a complementar los resultados que se hubiesen obtenido con las demás.

El uso de la realidad virtual colaboraría con la Medicina Forense en cuanto a lograr que el investigador se viera inmerso en el lugar en que sucedieron los hechos materia de investigación; es decir, el sitio en donde se ha cometido un hecho que puede ser delito, el cual se puede clasificar en tres tipos de acuerdo a sus condiciones y características, así tenemos: lugares cerrados, abiertos y mixtos. En los lugares cerrados y mixtos es factible que se encuentren los agentes de producción del delito a la vista o bien, en ocasiones se pueden encontrar escondidos en el propio lugar, pero en los lugares abiertos es probable que, principalmente los agentes mecánicos estén ausentes, permitiendo con la realidad virtual una visión más amplia y de alguna forma más apegada a la realidad, despejando en un mayor porcentaje las dudas que pudieran surgir en torno a lo que se vivió en ese lugar en el momento en que se externó la conducta delictiva, toda vez que según se infiere de la definición señalada en supralíneas, la realidad virtual tiene como principal característica que el sujeto que se encuentra inmerso en el ambiente virtual se sienta como si estuviera dentro del escenario que se va a investigar, lo que traería una reconstrucción de hechos casi perfecta, lo más apegada a la realidad.

En México se ha utilizado una aproximación a esta técnica de realidad virtual en casos muy aislados, sobre todo en aquéllos que han sido ventilados al público, lo cual se sobreentiende debido al alto costo que representa recrear una situación a través de estos medios electrónicos; sin embargo, sería de gran

utilidad que la nueva técnica que se emplea en la investigación de los hechos delictivos se diera a conocer poco a poco a los posibles investigadores que surgirían de entre los estudiantes de la Licenciatura en Derecho, ya que si bien es cierto esas técnicas se han dado a conocer en su mayoría por medio de la televisión, haciendo que su utilización parezca de muy lejana aplicación, también lo es, que gran parte de la población no sabe a ciencia cierta de que se está hablando y sobre todo, no saben la dimensión de beneficios que acarrearía su aplicación para el esclarecimiento de los hechos delictivos.

Se propone que esta forma de tecnología sea parte del programa de estudios de la asignatura de Medicina Forense, logrando así ampliar la visión que un estudiante pudiese tener de una investigación, pero sobre todo haría posible que el estudiante estuviera en contacto de una manera más directa con un lugar en que ha sucedido un hecho delictivo y que no se quede solamente con la imagen que él mismo se crea durante una narración hecha por los profesores durante una clase, haciendo que el alumno ya no sea sujeto pasivo dentro del aula y que solamente exponga lo que él cree que pudiera pasar o bien, que él cree que pudiera hacer si en su vida profesional se encontrara ante una investigación de esas dimensiones, sino que se convierta en un participante activo que podría verse inmerso en el lugar que se investiga, poniendo así en práctica los conocimientos que pudo haber adquirido durante las sesiones con su profesor; lo que deriva en un mejor aprendizaje y en un mayor desenvolvimiento del estudiante; pero sobre todo que sepa como enfrentarse a una investigación de éste tipo en caso de que durante el ejercicio de su profesión se viera en la necesidad de hacerlo, más aún, que sepa la forma de obtener los mejores resultados en la misma, ayudando así a la Administración de Justicia.

Con la realidad virtual inmersiva se trata de que las situaciones que se recrean a través de ella sean lo más reales posibles con lo que se obtendría una mejor

preparación y una mayor calidad en la formación estudiantil que ayude a obtener profesionistas que cuenten con los elementos suficientes que les ayuden a resolver cualquier situación que durante el ejercicio de su profesión se les pudiera presentar; asimismo, se espera que una vez que esta tecnología logre mayor auge en la sociedad se cuente con personal capaz de entenderla y llevarla a cabo a efecto de que se pueda aplicar a otras tantas investigaciones que surgen día a día y que por su naturaleza misma representen gran interés para el investigador y para las autoridades, que se aprovechen todos los recursos que dicha tecnología proporciona; esto aunado a que también se dejaría en claro que la tecnología tan avanzada con la que hoy en día se cuenta no es única y exclusivamente para el entretenimiento como mucha gente lo cree, sino que se pueden crear programas de computadora que al ser ejecutados proporcionen datos importantes en las investigaciones que se realizan a efecto de esclarecer un hecho delictivo.

Si por un momento nos ponemos a pensar un poco en los beneficios que se obtendrían si nuestro país contara con capacidad para financiar una reconstrucción de hechos haciendo uso de la realidad virtual, si no en todos los casos, sí en aquéllos que se consideren de mayor relevancia, los resultados serían verdaderamente sorprendentes y el índice de casos en los que han quedado espacios en blanco por no saber de que forma actuó el delincuente disminuirían de manera significativa, haciendo que la impartición de Justicia rindiera sus mejores frutos, con lo que también se vería beneficiada la sociedad.

## **CAPÍTULO 1. REALIDAD VIRTUAL**

### **1. 1. ANTECEDENTES.**

El origen de la realidad virtual se sitúa en el campo de la investigación militar a finales del siglo pasado. En aquella época, específicamente a finales de los años sesenta, el Departamento de Defensa Americano tenía mucho interés en dos tipos de tecnología relacionados entre sí; por un lado les interesaba la tecnología de simulación de vuelo porque los simuladores permitían entrenar a los pilotos sin que éstos corrieran ningún tipo de riesgo y de igual forma se protegía a los aviones de cualquier daño que pudieran sufrir durante las prácticas; además, la simulación hacía posible controlar el entrenamiento fijando las condiciones ambientales y los escenarios específicos a voluntad; sin embargo, también les interesaba la investigación sobre dispositivos de control especializados para la conducción de aeronaves, especialmente cascos de visualización que permitieran combinar información gráfica con imágenes reales.

Durante los últimos años de la década de los sesenta y toda la década de los setenta, dichos objetivos iniciales dieron lugar a una serie de proyectos en distintos centros de investigación de los Estados Unidos, en los cuales se obtuvo como resultado que poco a poco se fueran estableciendo las bases de lo que hoy en día es la realidad virtual. En primer lugar, el desarrollo de los simuladores de vuelo requería de la posibilidad de generar gráficos 3D mediante un ordenador, lo cual era un campo completamente inexplorado hasta ese momento; como consecuencia, durante aquéllos años se desarrollaron una serie de técnicas, algoritmos, herramientas y equipos que fueron pensados para el tratamiento de tal información gráfica. Fue fundamentalmente en la Universidad de Utah donde a partir de 1974 se desarrolló la mayor parte de la doctrina de la síntesis de

imágenes. Ahí, Ed Catmull inventó varios de los principales conceptos básicos de dicha síntesis: la técnica del z-buffering, la técnica del alfa-blending y la técnica de texturizado. Sin embargo, la investigación sobre algoritmos de generación de imágenes 3D no se limitó al objetivo inicial, sino que muy pronto surgieron dos distintas ramas de investigación: primero, la investigación destinada a los sistemas gráficos de tiempo real (como los simuladores de vuelo), en los que el objetivo principal de los algoritmos y equipos es generar imágenes a gran velocidad con el fin de crear en el usuario la sensación de visión continua; después, numerosos investigadores comenzaron a definir algoritmos y herramientas para la obtención de imágenes sintéticas cada vez más realistas, eliminando el requisito de generación en tiempo real.

La primera de estas dos escuelas creó todo un grupo doctrinal en el que actualmente se apoya la tecnología de simulación avanzada. En cuanto a la segunda, fueron sus investigaciones las que condujeron al desarrollo de los programas comerciales de animación que hoy en día se utilizan excesivamente para la creación de anuncios televisivos o secuencias de películas como Parque Jurásico.

El campo de investigación de los sistemas periféricos sofisticados que se empleaban para la conducción de aeronaves fue evolucionando de manera paralela a la generación de gráficos 3D, numerosos centros civiles y militares como la Universidad de Utah, la Universidad de Carolina del Norte y el Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory Center sentaron las bases sobre las que, muy pronto, se construiría la industria de los dispositivos periféricos de realidad virtual.

En 1968 se construyó el primer prototipo de visiocasco en Harvard por Iván Sutherland y David Cohen, su nombre era la espada de Damocles, la cual consistía en dos diminutos tubos de rayos catódicos (de media pulgada de diámetro) que se encontraban montados en un armazón de alambre suspendido del techo mediante un brazo mecánico, lo que permitía que se completaran imágenes gráficas resaltadas en la escena real gracias a un sistema de espejos; además permitían conocer la posición y orientación de la cabeza del usuario. El dispositivo estaba suspendido del techo mediante un brazo mecánico lo que permitía conocer la posición y orientación de la cabeza del usuario. El primer prototipo era monoscópico pero luego se añadió la capacidad de estereoscopía. Con aquél prototipo el usuario podía ver la estructura de un objeto flotando, pudiendo contemplar sus distintas caras a medida que dicha imagen se desplazaba.

Con los criterios de hoy en día, la espada de Damocles no era muy avanzada desde el punto de vista gráfico, pero para aquella época se trataba de un verdadero descubrimiento, de hecho con aquél prototipo se daba lugar al nacimiento de los primeros sistemas de realidad virtual. El sistema incluía ya prácticamente todos los conceptos en los que la tecnología de realidad virtual iba a basarse: gráficos tridimensionales, estereoscopía, localización de la posición del usuario, posibilidad de navegar alrededor de un objeto y contemplarlo desde todas posiciones, técnicas de inmersión, etc.

Algunos años más tarde, en 1977 se inició en el Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory Center un proyecto militar dirigido por Tom Furness, cuyo objetivo era estudiar la aplicación de los entornos virtuales en cabinas de avión; este proyecto dió como resultado cuatro años más tarde, la creación de un prototipo de visiocasco que llevaba por nombre “Simulador de Sistemas Aéreos Acoplados Visualmente (VCASS), casco que también realizaba una superposición de gráficos sobre imágenes reales pero resultaba enorme y engorroso; sin

embargo, fue el primero en incorporar tubos de rayos catódicos de alta resolución así como un sistema de localización con seis grados de libertad para medir la posición y orientación de la cabeza del usuario. Durante toda aquella década de los setenta los trabajos de investigación sobre periféricos avanzados no se limitaron a los dispositivos de visualización.

En 1970 se fundó la compañía Polhemus, pionera en el campo de los dispositivos de localización electromagnética. En 1972 Frederick Brooks, de la Universidad de Carolina del Norte desarrolló el primer prototipo de sistema con realimentación cinestésica. En 1975 Milton Krueger diseñó un sistema donde se utilizaba el reconocimiento de imágenes para la detección de la posición del usuario y en 1977 Sandin y Sayre inventan en Chicago los primeros guantes utilizables como periféricos de entrada.

Al iniciarse la década de los ochenta los avances en tecnología informática y microelectrónica dieron un nuevo impulso a la investigación sobre sistemas de realidad virtual que son “un mundo creado por el ordenador que se encarga de calcular una imagen tridimensional en un espacio cualquiera, que puede ser una copia de la realidad o emerger de la fantasía, espacio en el que podemos movernos libremente e intervenir de forma interactiva”<sup>1</sup> y, generación de gráficos 3D o tridimensionales que “son una representación en dos dimensiones de un mundo virtual en tres dimensiones”<sup>2</sup>; es decir, al generar objetos en tercera dimensión se trabajan características como anchura, profundidad y altura que dan mayor realismo al ambiente que se está recreando; porque no sólo se abarataron las herramientas de proceso, sino que se permitió la realización de herramientas software más complejas y al mismo tiempo se dio una reducción en los costos de implementación de circuitos integrados especializados en el tratamiento de

---

<sup>1</sup> LINDO, WILFRED. Cibermanía. La emocionante guía de viaje a través del espacio digital. Editorial Maracombo. España, 1994. Pág. 14.

<sup>2</sup> TOOD PETERSON, MICHAEL. Descubre 3D STUDIO MAX 3, Editorial Prentice Hall. España 2000. Pág. 5

imágenes, logrando con esto que las investigaciones que hasta ese momento habían parecido exclusivas para los ámbitos militar y académico empezarán a despertar el interés de la industria.

Scout Fisher, considerado junto con Iván Sutherland y Tom Furness como padres fundadores de la realidad virtual, en 1982 comenzó a trabajar para la compañía Atari, lugar en donde se llevaban a cabo experimentos muy importantes con futuras tecnologías; sin embargo, como en la mayoría de los casos, las compañías que se dedican a este tipo de trabajos, Atari quebró, pero durante su funcionamiento se formaron personajes importantes en el desarrollo de la realidad virtual; Scout Fisher, después de su paso por Atari se incorporó al Nasa Ames Center en 1986 para trabajar en el proyecto VIEW.

Por aquella época el Nasa Ames Center en California estaba dirigido por David Nigel, ahí Michael McGreevy y Jim Humphries, quienes habían construido en 1985 un visiocasco estereoscópico de bajo coste denominado VIVED (Virtual Visual Environment Display), el cual fue desarrollado para la preparación de misiones espaciales a partir de elementos disponibles comercialmente, integrado por dos pantallas LCD y un sensor de posición Pholemus. Los LCD's eran de una televisión de bolsillo sobre los que pusieron unos lentes LEEP de gran angular.

El proyecto VIVED evolucionaría más tarde para convertirse en el Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), proyecto al que se uniría en 1986 Scott Fisher y W. Robinett. Fue en el marco de ese proyecto donde muchos de los conceptos que forman parte de los actuales paradigmas de control de aplicaciones inmersivas (escalado del mundo virtual, vuelo virtual, manipulación de objetos, etc.), fueron desarrollados. Por todas partes empiezan a surgir

equipos de desarrollo trabajando en la tecnología de realidad virtual y lo que es más importante, se empiezan a ver los primeros resultados comerciales.

En 1980, la compañía Stereo Graphics inventa las gafas de visión estéreo; dos años después, en 1982 Thomas Zimmerman patenta el Dataglove, un electroguante que inventó, mientras investigaba sobre cómo controlar con la mano un instrumento musical virtual. En 1987 la compañía inglesa Dimensión Internacional (ahora denominada Superscape) desarrolla un software de construcción de mundos tridimensionales sobre PC denominado Freescape.

En 1988 Scott Foster, de Cristal River Engineering inventa el Convolvotron, dispositivo para la generación de sonido tridimensional; en ese mismo año J. Waldern crea en Inglaterra la W Industries que en 1993 pasaría a ser el Virtuality Group y Mark Bolas funda Fake Space Labs, empresa que fabrica sistemas binoculares para realidad virtual. También en 1988 Autodesk funda su laboratorio de investigación sobre realidad virtual, llamado Autodesk Cyverspace Project, más tarde Cyberia.

Al año siguiente, en 1989 Atari saca al mercado la primera máquina de galería de videojuegos con tecnología 3D; en ese mismo año LEEP Systems y VPL comienzan a fabricar los primeros visiocascos comerciales; Lusted y Knapp fundan Bio Control Systems, dedicada al desarrollo de dispositivos de control bioeléctrico; Tom Furness deja el ejército para fundar el Human Interface Technology Laboratory (HITL) en la Universidad de Washington, al que se incorporaría William Bricken procedente de Autodesk; también en 1989 Eric Gullichsen funda Sense8 y Autodesk presenta su primer sistema de realidad virtual para PC.

A partir de aquí los sistemas de realidad virtual comienzan a obtener un mayor y mejor desarrollo, lo que trajo consigo una invasión muy fuerte al mercado a la vez que se contribuyó al mejoramiento en diversas áreas de la industria y actualmente se hablaría de su posicionamiento en aspectos académicos y mejor aún, en aspectos científicos.

## **1.2. DEFINICION Y TIPOS DE REALIDAD VIRTUAL.**

Para hacer posible la comprensión del tema central de este trabajo resulta necesario comenzar por explicar lo que a partir de aquí se va a entender por realidad virtual; la cual está considerada como “una simulación generada por ordenador de un entorno en tres dimensiones, en la cual se puede manipular tanto la visión de este mundo como su contenido. Utilizando diferentes dispositivos de entrada, los usuarios pueden moverse a través del entorno virtual (o ciberespacio) casi de la misma forma en la que se mueven en el espacio real; a medida que se mueven, el ordenador examina su posición y orientación y suministra la visión en tiempo real del mundo virtual.”<sup>3</sup>

En otras palabras, se trata de un sistema informático que genera entornos artificiales en tiempo real creando una realidad simulada, toda vez que dicha realidad solamente se encuentra dentro de un ordenador, en la que se puede navegar teniendo, de alguna manera, las mismas sensaciones que se experimentan al estar interactuando con el mundo real, correspondiendo el nivel de las sensaciones que se tengan al grado de inmersión con que se maneje el sistema de realidad virtual.

---

<sup>3</sup> ROEHL, BERNIE. El creador de mundos virtuales. Ediciones Anaya Multimedia, S. A. Madrid, 1995. Pág. 35.

De ésta definición se pueden advertir algunas características con que debe contar todo sistema de realidad virtual, las cuales son:

1. *Interacción.*- “El usuario debe poder modificar el estado de los objetos del espacio virtual, interactuando con ellos (y no solo verlos a través del dispositivo visualizador). Si el usuario gira su cabeza hacia un lado, el sistema debe actualizar inmediatamente la representación del mundo virtual en el dispositivo visualizador. Puede existir la posibilidad de manipular los objetos presentes en el mundo virtual.”<sup>4</sup> En tal virtud, la interacción es necesaria para que el individuo pueda influir en el ambiente que ha sido recreado y se puede hablar de dos puntos de interacción que son básicos, el primero de ellos se refiere a la navegación, la cual permite que el usuario se mueva independientemente dentro del mundo virtual y cuyas limitaciones las establece el creador de la aplicación, el cual determina por ejemplo si se puede volar, caminar, etc.; el otro punto es la manipulación, la cual consiste en que el usuario pueda mover los objetos que están dentro del ambiente virtual; es decir, que el usuario tenga la posibilidad de modificar el mundo virtual como si se tratara de un mundo real.

2. *Inmersión.*- “Es una reacción que se produce en los usuarios por la que pueden creer con facilidad que se encuentran dentro de un mundo virtual. Para que se produzca esta reacción deben utilizarse elementos externos - cascos de visualización, cabinas, etc.- que proporcionen al usuario una perspectiva de primera persona del mundo virtual. De este modo se puede creer que realmente se están viviendo las situaciones artificiales que el sistema de realidad virtual crea para nosotros.”<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> DE LA PUENTE, JOSÉ M. Arquitectura y Realidad Virtual. Editorial Martorell. España, 1996. Pág. 134.

<sup>5</sup> GUERRERO, JAVIER. Realidad Virtual. La última frontera. Editorial Abeto. España, 1996. Págs. 24 y 25.

3. *Tridimensionalidad*.- “En una aplicación de realidad virtual debe existir realmente una dimensión de profundidad, similar a la que ofrecen los juegos de simulación de vuelo. Para conseguir el efecto de tridimensionalidad, los objetos de nuestro mundo virtual deben tener asociada una tercera dimensión que marque su profundidad en la pantalla. Esto permite que unos objetos queden “por delante” o “por detrás” de otros objetos, y que el tamaño aparente de los objetos varíe dependiendo de su distancia con respecto al observador.”<sup>6</sup>

Asimismo, los sistemas de realidad virtual para cumplir con su objetivo, deben estar estructurados con elementos básicos que permitan al usuario experimentar las sensaciones que la aplicación provoca al ser explorada; entre estos elementos podemos encontrar principalmente los siguientes:

- a) *Un mundo virtual*: Una aplicación de realidad virtual debe contar con un ambiente interactivo que pueda ser visualizado y examinado desde cualquier perspectiva de forma continua; tratándose en realidad de una base de datos que contiene la información relativa a un modelo o entorno tridimensional.
- b) *Software de realidad virtual*: “Éste es el encargado de permitir que el usuario vea e interactúe en tiempo real con un mundo virtual; los programas de desarrollo de realidad virtual se utilizan para crear ambientes virtuales, en los cuales el mismo programa que ha permitido su creación permite de igual manera modelar los objetos que en ellos se encuentran; es decir, el programa permite que los objetos puedan dotarse de color, textura, incluso que se les proporcionen capacidades dinámicas y comportamientos.”<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Ídem. Pág. 24.

<sup>7</sup> Ídem. Pág. 21.

c) *Un ordenador*: “El ordenador de un sistema de realidad virtual es gobernado por un programa que gestiona las entradas y salidas de los distintos dispositivos del sistema y que debe encargarse, además, de generar las imágenes tridimensionales, las fuentes sonoras y de gestionar toda la información relativa al mundo virtual.”<sup>8</sup>

d) *Dispositivos de Entrada*: “Son aquéllos que el sistema utiliza para obtener los parámetros necesarios para actualizar el mundo virtual de acuerdo con la posición del usuario y las ordenes de éste.”<sup>9</sup>

En ese tenor se dice que los dispositivos de entrada juegan un doble papel, por un lado el sistema debe medir cuál es la dirección en la que el usuario está mirando, esto con el fin de presentar el mundo virtual desde la perspectiva correcta y por el otro, permiten que el usuario transmita órdenes al mismo sistema; por ejemplo, a través de algún dispositivo de control el usuario informa al sistema su deseo de desplazarse en determinada dirección dentro del ambiente creado virtualmente.

Los dispositivos de entrada se dividen en dos grupos: los denominados dispositivos de localización, que consisten en sensores de posición que permiten al ordenador saber la posición y dirección en que está mirando el usuario y los dispositivos de control que son aquéllos que permiten al usuario manipular los objetos e interactuar con el mundo virtual; por ejemplo los guantes de datos, ratones.

---

<sup>8</sup> CASANOVA GONZÁLEZ, MIGUEL ÁNGEL. Realidad Virtual. Editorial Multimedia. Madrid 1995. Pág. 60.

<sup>9</sup> Ídem. Pág. 58.

- e) *Dispositivos de salida*: Son los dispositivos que se encargan de mostrar al usuario el estado actual en que se encuentra el ambiente virtual que está siendo explorado. Como ejemplo de los dispositivos de salida tenemos los cascos de visualización, monitores, auriculares de sonido, etc.

Ahora bien, una vez que se han señalado las características y los elementos necesarios con que debe contar todo sistema de realidad virtual, resulta importante mencionar la forma en que se divide atendiendo principalmente al tipo de dispositivos que se ocupan así como a los resultados que se ofrecen al usuario; en ese sentido tenemos tres tipos de realidad virtual:

A. *Realidad virtual inmersiva*, siendo la que más interesa en el desarrollo de ésta exposición y la cual se entiende como aquél tipo de realidad virtual que busca crear en el usuario la sensación de encontrarse dentro de un ambiente específico, ambiente que ha sido recreado a través de un ordenador y en el que se permite al usuario modificar el mundo que esta explorando.

B. *Realidad virtual proyectiva o semi-inmersiva*, en este tipo de sistemas se pretende proporcionar al usuario la misma sensación de inmersión que en la anterior, pero aquí no se usa ningún dispositivo acoplado a la cabeza, sino que se introduce al usuario en una habitación cerrada, en cuyas paredes se van presentando las imágenes que componen el ambiente virtual; este sistema esta principalmente diseñado para experiencias en grupo.

C. *Realidad virtual no inmersiva*, también conocida como realidad virtual de sobremesa, es la que se crea cuando el participante explora diversos ambientes haciendo uso de los dispositivos de hardware comunes como el mouse o el monitor y lo más importante es que en ellos no se pretende crear en el usuario ningún tipo de sensación de inmersión.

### **1.3. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE LA REALIDAD VIRTUAL.**

En la realidad virtual inmersiva es de suma importancia señalar las herramientas que permitan el desarrollo de ambientes virtuales que provocan en el usuario sensaciones de inmersión; estas herramientas pueden variar desde las más básicas hasta las más sofisticadas dependiendo de los efectos que se deseen generar en el usuario y pueden ser clasificadas en dos grupos atendiendo a la utilidad que tienen, el primer grupo lo constituye el *Software*, que se refiere a todos los componentes intangibles de una computadora y en el segundo grupo encontramos al *Hardware*, el cual “está formado por todos aquellos componentes físicos que integran una computadora.”<sup>10</sup> Estos dos grupos tienen una estrecha relación, toda vez que de nada serviría contar con los programas para crear un ambiente virtual si no se tienen los componentes que permitan al usuario experimentar los efectos del ambiente recreado.

#### **1.3.1. SOFTWARE.**

“Conocido también como equipamiento lógico o soporte lógico, es el conjunto de programas y procedimientos que una computadora necesita para llevar a cabo

---

<sup>10</sup> ROEHL, BERNIE. El creador de mundos virtuales. Ediciones Anaya Multimedia, S. A. Madrid, 1995. Pág. 28

determinadas tareas; esto es, el software lo constituyen todos aquéllos componentes de una computadora que no se pueden captar a simple vista.”<sup>11</sup> Respecto al software de realidad virtual, en la actualidad, los que existen son suficientes cada uno para la creación de realidad virtual; siendo el investigador el encargado de buscar el que más se adecue a sus necesidades.

### **1.3.1.1. PROGRAMACIÓN Y MODELADO.**

El software es la forma en que se refiere a los programas y datos contenidos en una computadora; la creación de esos programas por las personas recibe el nombre de programación, el cual es un aspecto muy importante en el desarrollo de sistemas virtuales.

Un programa es una secuencia de instrucciones que le van a indicar al hardware qué operaciones son las que debe realizar con los datos proporcionados. Dentro de la programación, es común utilizar el término lenguajes de programación, los cuales son en informática, “cualquier lenguaje artificial que puede utilizarse para definir una secuencia de instrucciones para su procesamiento por un ordenador o computadora”<sup>12</sup> y tiene como principales objetivos: por un lado, servir de conducto para que el programador especifique las acciones a ejecutar y por otro, ofrece un conjunto de conceptos para que el programador los utilice cuando piense en lo que puede hacerse; es decir, “un lenguaje ofrece al programador un conjunto de herramientas conceptuales; si éstas son inadecuadas para una tarea, simplemente se ignoran.”<sup>13</sup> Entre los lenguajes de programación más utilizados para la creación de realidad virtual

---

<sup>11</sup> DEL PINO GONZÁLEZ, L. M. Realidad Virtual. Editorial Paraninfo. España, 1995. Pág. 152.

<sup>12</sup> <http://www.terra.es>

<sup>13</sup> STROUSTRUP, BJARNE. El Lenguaje de Programación C++. Edición Especial. Ediciones Addison Wesley. España, 2001. Pág. 10.

encontramos C, Delphi, Visual Basics, Java, Pascal, Virtools; sólo por mencionar algunos, los cuales son los encargados de ejecutar diferentes tareas que su conjunto darán por resultado un ambiente recreado virtualmente.

## C

“C es un lenguaje de programación desarrollado en los Laboratorios Bell de AT&T en 1972. Fue diseñado y escrito por Dennis Ritchie, quien conjuntamente con Ken Thompson trabajaban en el sistema operativo UNIX, el cual se concibió como una especie de taller lleno de herramientas para el especialista en programación y C se convirtió en la herramienta más básica de todas.”<sup>14</sup> Inicialmente C se utilizó para la programación de sistemas; como su popularidad creció debido a su portabilidad y eficacia, C llegó a ser el lenguaje de programación más popular, su éxito se debió a que da al programador lo que éste quiere: pocas restricciones, quejas mínimas, código rápido y sobre todo eficacia.

El lenguaje C es de propósito general, no es un lenguaje de muy alto nivel y más bien es un lenguaje de nivel medio, sencillo y no está especializado en ningún tipo de aplicación, lo que lo convierte en un lenguaje potente, con un campo de aplicación ilimitado y sobre todo, se aprende rápidamente. En poco tiempo, un programador puede utilizar la totalidad de este lenguaje.

Para poder utilizar cualquier compilador es necesario escribir un programa en el lenguaje del compilador. Cuando se escribe un programa en lenguaje C, lo

---

<sup>14</sup> LES HANCOCK, MORRIS KRIEGER. Introducción al Lenguaje C. 2ª Edición. Editorial Mc. Graw Hill Inc. España, 1998. Traducción de Sebastián Dormido Bencorno. Pág. 1.

que se está escribiendo recibe el nombre de código fuente. La tarea del compilador es tomar el código fuente y traducirlo en instrucciones para ser ejecutadas en la computadora. La salida del compilador recibe el nombre de código ejecutable; el código fuente será siempre el mismo independientemente de la computadora que se utilice; sin embargo, esto no ocurre con el código ejecutable ya que variará dependiendo del ordenador que ejecute el programa.

“Inicialmente, C se utilizó para la programación de sistemas. Un programador de sistemas es parte de una gran clase de programas que forma una porción del sistema operativo de la computadora o sus habilidades de soporte. Por ejemplo, los siguientes son normalmente programas llamados del sistema: sistemas operativos, intérpretes, editores, ensambladores, compiladores y administradores de base de datos. Como creció en popularidad, muchos programadores comenzaron a utilizarlo para programar todos los tipos de tareas debido a su portabilidad y eficacia. Sin mucho tardar, C llegó a ser el lenguaje de programación más popular de propósito general.”<sup>15</sup>

## **C++**

C++ es otro tipo de lenguaje de programación, de hecho, se podría decir que es el lenguaje C pero más amplio, C++ es un lenguaje imperativo orientado a objetos derivado del C, que nació para añadirle cualidades y características de las que carecía. La característica más importante de C++ es su nueva estructura de datos y funciones denominada clase, que constituye un medio idóneo para encapsular datos como se hace en las estructuras C, pero adicionalmente, permite encapsular también las funciones que procesan dichos datos; con esto, se logran

---

<sup>15</sup> SCHILDT, HERBERT. Turbo C. Manual de Bolsillo. Mc. Graw Hill Inc. México, 1989. Traducción Javier Corella Díaz. Pág. 7.

una serie de bloques de código que pueden usarse sin que tengan algún cambio en muchas aplicaciones; asimismo, dichos bloques permiten ampliar o modificar programas con un control absoluto y sobre todo reduciendo el margen de error existente.

“Uno de los objetivos originales de C era reemplazar el código de ensamblador para las tareas de programación de sistemas con más demanda. Cuando se diseñó C++ se tuvo cuidado de no comprometer los beneficios en esta área. La diferencia entre C y C++ se encuentra principalmente en el grado de énfasis en los tipos y la estructura. C es expresivo y permisivo. C++ es más expresivo aún. Sin embargo, para alcanzar dicho incremento de expresividad, se debe prestar más atención a los tipos de los objetos. Al conocer los tipos de los objetos, también permite que el compilador detecte errores que, en otro caso, se habrían mantenido hasta las pruebas, o incluso después.”<sup>16</sup>

C++ ha experimentado un extraordinario éxito desde su creación, de hecho, muchos sistemas operativos, que son un tipo de software que controla la computadora y administra los servicios y sus funciones, como AMIGA, DOS, IBM, MACINTOSH, UNIX y WINDOWS, así como la ejecución de otros programas compatibles con éste. Compiladores e intérpretes han sido escritos en C++; una de las razones de su éxito es ser un lenguaje de propósito general que se adapta a múltiples situaciones.

Para lograr que un objeto se pueda incluir en un mundo virtual, es necesario seguir un proceso de creación en diferentes etapas:

---

<sup>16</sup> CANOSA, JOSÉ. C++ Práctico. Maracombó Borxareu Editores. España, 1995. Pág. 9.

El **Modelado**, es la primera etapa del proceso de creación de gráficos 3D por computadora. Esta etapa consiste en plasmar en términos geométricos el volumen y la forma del objeto real; esto es, se va dando forma a objetos individuales que posteriormente se emplearán en la escena.

### **3D Studio Max**

Al hablar de 3D o Tercera Dimensión, se está haciendo alusión a tres etapas o características de los objetos: anchura, profundidad y altura; en ese tenor, “3D Studio Max es un programa que permite crear imágenes fijas o animaciones de objetos tridimensionales con aspecto realista. El programa proporciona herramientas mediante las cuales es posible crear las estructuras de los objetos en tres dimensiones para más tarde componer las escenas;”<sup>17</sup> a la hora de generar la imagen se parte de una lista de objetos del mundo virtual con su correspondiente definición de forma y propiedades gráficas. A partir de dicha información, se efectúan una serie de transformaciones geométricas donde se tienen en cuenta la posición del objeto y la del usuario, de forma que al proyectar el objeto en la pantalla aparezca con la adecuada perspectiva. También se efectúan una serie de cálculos para determinar el color de cada punto del objeto, tal y como lo verá el usuario, teniendo en cuenta aspectos como las fuentes de luz que hay en la escena, la forma en que el objeto refleja la luz, etc. El resultado será una imagen de la escena vista desde la posición que el usuario ocupa y cuya calidad será mayor o menor dependiendo de qué características gráficas de los objetos tengamos en cuenta y de los recursos de procesamiento que se dediquen a desarrollar esa tarea. “Los gráficos que han sido creados a través de un ordenador solamente existen en la memoria de este, no son palpables físicamente, por ello resulta necesario proporcionarles determinadas características que contribuyan a que los mismos tengan un aspecto real; ésta es

---

<sup>17</sup> PESCADOR ALBIACH, DARÍO. 3D Studio Max Versión 2.5. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid 1999. Pág. 23.

precisamente la aportación que 3D Studio Max hace a la creación de la realidad virtual.”<sup>18</sup>

Su campo de aplicación es muy amplio, algunas de sus utilidades se dan en la Arquitectura, Ingeniería, Medicina, Bellas Artes, etc., éste programa provee al que hace realidad virtual herramientas que permiten crear estructuras de los objetos en tres dimensiones, para que posteriormente éstos puedan ser incorporados a un mundo virtual.

El modelado o diseño de estructuras como también es conocido, se puede llevar a cabo de diferentes maneras; 3D Studio Max puede crear objetos geométricos elementales como en el caso de las esferas o los cubos que se pueden comprimir o cortar al crear el producto final; otra de las opciones es hacer uso de objetos premodelados en vez de que el programador “quien es quien escribe programas para la computadora; esto es, quien se encarga de implementar algoritmos mediante un lenguaje de programación”<sup>19</sup>, sea el que los cree. Cuando un objeto es modelado, su apariencia asemeja a una malla, una vez que la malla ha sido terminada, se pasa a la siguiente etapa del diseño en tercera dimensión que es el diseño de materiales.

En una escena de realidad virtual, los objetos que forman parte de ella cuentan con una apariencia característica, pueden ser de madera, de vidrio, o de cualquier otro material creado por la imaginación del programador; en tercera dimensión, esas características reciben el nombre de materiales; esto es, los materiales son “las propiedades de la apariencia de un objeto, incluyen color, brillantez, transparencia, textura, irregularidades, reflejos y cualquier otra

---

<sup>18</sup> TOOD PETERSON, MICHAEL. Descubre 3D STUDIO MAX 3. Editorial Prentice Hall. España, 2000. Pág. 5.

<sup>19</sup> <http://www.alegsa.com.ar/Dic/sistema%20operativo.php>

característica de superficie.”<sup>20</sup> En ese tenor, se tiene que el diseño de materiales consiste en cubrir los objetos modelados con superficies que asimilan materiales como el vidrio, madera, etc., lo que hará que los objetos vayan tomando mayor forma. La siguiente etapa en la creación de gráficos en 3D la constituye lo que se denomina proceso de iluminación y cámaras.

A la hora de mostrar un objeto en la pantalla en una aplicación de realidad virtual, es necesario calcular el color que cada punto del objeto tiene, de acuerdo con las fuentes de luz existentes en la escena y de acuerdo con las características del propio objeto.

El cómo se calcule dicho color va a estar determinado por el modelo de iluminación que se elija. El modelo de iluminación tiene que ser definido por varios factores: el tipo y número de las fuentes de luz, las propiedades de los materiales y el algoritmo del cálculo de sombreado, siendo éste “la diferencia de color que se produce entre unas zonas y otras de la superficie de un objeto, al ser éste iluminado”<sup>21</sup>; es decir, al utilizar diferentes tipos de luz que simularan en los objetos superficies reales, definiendo brillo, sombras y reflejos, lo que se traduce en mayor profundidad de los objetos y por ende, mayor realismo en la escena.

En 3D Studio Max, las luces que principalmente se utilizan son de cuatro tipos:

- “Luces omnidireccionales: son como las bombillas y emiten luz en todas direcciones.

---

<sup>20</sup> LAMERS, JIM y TODD PETERSON. 3D Studio. Versión 4.0. Ediciones Prentice Hall. Hispanoamericana. New York, 1995. Traducción de la Q. F. B. Esther Fernández Alvarado. Pág. 26.

<sup>21</sup> DEL PINO GONZÁLEZ, L. M. Realidad Virtual. Editorial Paraninfo. España, 1995. Págs. 92 y 93.

- Luces de foco: son fuentes que apuntan en una sola dirección pero se usan para simular fuentes de luz muy alejadas, como el sol, que emite sombras paralelas.
- Luces distantes: también apuntan en una dirección pero se usan para simular fuentes de luz muy alejadas, como el sol, que emite sombras paralelas.
- Luces ambientales: presentes en todo el espacio en 3D, iluminan todas las superficies por igual. Las luces ambientales se usan generalmente para definir un brillo homogéneo para toda la escena.”<sup>22</sup>

En cuanto a la cámara, al igual que como sucede con las cámaras reales, en tercera dimensión es posible ajustar la posición y el campo visual de cada cámara para aumentar o disminuir aparentemente el tamaño de los objetos; por lo que su función principal es crear una vista en perspectiva de la escena.

“En 3D Studio Max hay dos tipos de cámaras: una cámara con objetivo y una cámara libre. Una cámara con objetivo utiliza un objetivo, un punto en el espacio en 3D al que la cámara enfoca, lo que le facilita saber hacia dónde está enfocando la cámara en los visores que no son de cámara. Una cámara libre no tiene un objetivo concreto, su visión cambia rotando o moviendo la cámara en vez de colocando el objetivo.”<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> P. CHISMAR, JOHN. 3D Studio Max 3 Animación. Editorial Prentice Hall. España 2000. Págs. 19 y 20.

<sup>23</sup> A. BELL, JON. 3D Studio Max. Creación de Efectos Especiales. Editorial Paraninfo. España, 1997. Pág. 35.

Después de crear los modelos, fijar las luces y colocar las cámaras, es necesario establecer las características relacionadas con el tiempo, las cuales se van a obtener durante el proceso de animación. Este proceso “consiste en una serie de imágenes fijas relacionadas, que dan la impresión de movimiento continuo cuando se reproducen en forma secuencial. El ojo humano completa la falta de continuidad entre las imágenes, si éstas se muestran con suficiente rapidez. Las animaciones creadas en 3D Studio Max, por lo general, se reproducen en video, película o computadora, que exhiben entre doce y treinta imágenes por segundo.”<sup>24</sup>

El proceso final en la generación de imágenes en tercera dimensión es la renderización, “es el proceso por el cual se somborean las geometrías de los objetos que componen una escena utilizando la iluminación definida, los materiales asignados a los objetos y el entorno especificado (como un fondo o un efecto atmosférico). Cuando se está trabajando en una escena, lo que se ve es un conjunto de objetos alámbricos (así llamados por parecer estar fabricados por alambre) y una ‘aproximación’ donde se ven los objetos de forma sólida y con ciertos niveles de sombreado, para que se haga una idea del aspecto general de la escena.”<sup>25</sup>

El proceso de rénder necesita una gran capacidad de cálculo, pues requiere simular gran cantidad de procesos físicos complejos. La capacidad de cálculo se ha incrementado rápidamente a través de los años, permitiendo un grado superior de realismo en los rénders.

---

<sup>24</sup> LAMERS, JIM Y TODD PETERSON. 3D Studio. Versión 4.0. Ediciones Prentice Hall. Hispanoamericana. New York, 1995. Traducción de la Q. F. B. Esther Fernández Alvarado. Pág. 18.

<sup>25</sup> ALMAGRO MORA, JOSÉ LUIS. Autodesk 3D Studio Paso a Paso. Editorial Addison Wesley Iberoamericana. España, 1993. Pág. 14.

### 1.3.2. HARDWARE.

Es la herramienta que se refiere a todos los elementos físicos con que cuenta un ordenador o computadora, ejemplos muy claros de ello lo constituyen el mouse, el teclado, las bocinas, etc. Un sistema de realidad virtual estará básicamente constituido por dispositivos de entrada a través de los cuales el usuario podrá transmitir sus órdenes al sistema o que dicho sistema utiliza para obtener información del entorno; por ejemplo, la posición del individuo a través de los visiocascos, también es necesario que cuente con una serie de dispositivos de salida que el sistema ocupa para proporcionar al usuario información relativa al mundo virtual y generar en él determinadas sensaciones, tal es el caso de las gafas estereoscópicas que permiten al usuario experimentar la visión en relieve de las escenas que constituyen un ambiente tridimensional y por último debe tener una estación de procesamiento en la que se llevaran a cabo las tareas de simulación y se controlará la entrada y salida de datos; es decir, es la encargada de dirigir la base de datos que describe el mundo virtual, interpreta las órdenes del usuario, detecta su posición, calcula la evolución que experimenta el mundo virtual acorde al comportamiento de los objetos que lo componen y proporciona al usuario la información gráfica o bien de cualquier otro tipo que sea necesaria. Ahora pasaré al estudio de cada uno de éstos tipos de dispositivos.

- I. **DISPOSITIVOS DE ENTRADA:** Este tipo de dispositivos permiten al usuario comunicarse con el sistema, comunicación que se va a lograr a través de dispositivos de localización o bien a través de dispositivos de control. Los primeros permiten conocer la localización y orientación de cualquier elemento que se encuentre dentro del ambiente virtual, incluso del propio usuario; asimismo, a través de ellos se puede controlar la aplicación y reproducción exacta de los objetos reales dentro del mundo virtual.

En los sistemas inmersivos estos dispositivos adquieren mucha importancia, en virtud de que es necesario que el control de la orientación y de la posición se realice automáticamente para que se logre en el usuario la sensación de encontrarse dentro del ambiente que ha sido recreado virtualmente; es decir, resulta imprescindible que un sistema disponga de dichos dispositivos para que se este en posibilidad de conocer los cambios de dirección que el usuario realiza, así como sus desplazamientos en el mundo real, para que se puedan actualizar los mismos dentro del mundo virtual.

Los dispositivos de control, por su parte, permiten que el usuario transmita sus órdenes al sistema de una manera explícita; esto es, son aquéllos que van a permitir al individuo controlar las aplicaciones de la realidad virtual, desplazarse e interactuar con los objetos que se encuentran en el ambiente recreado. Los sistemas de realidad virtual emplean dispositivos convencionales como los ratones o el teclado o bien, utilizan dispositivos más sofisticados como electroguantes o ratones 3D, esto depende del nivel de sensaciones que se deseen obtener.

**II. DISPOSITIVOS DE SALIDA:** Son aquéllos a través de los cuales el usuario de la realidad virtual puede observar y sentir el mundo virtual, existen diversos tipos de dispositivos de salida, los cuales atienden al sentido del usuario que se estimule, éstos se pueden clasificar en:

- Dispositivos de presentación: Se encargan de mostrar al usuario el mundo virtual a través de gráficos, en los sistemas inmersivos generalmente se hace uso de dispositivos especializados como en el caso de los visiocascos o sistemas binoculares que impiden al

usuario la visión del mundo que le rodea, al mismo tiempo que muestran visión estereoscópica.

- Dispositivos de sonido: En un sistema de realidad virtual, el sonido adquiere gran importancia, ya que sirve para dotar de mayor realidad al ambiente virtual.
- Dispositivos de realimentación táctil y cinestésica: Estos se encargan de estimular el sentido del tacto en el usuario y la resistencia mecánica de los objetos, a través de estos dispositivos el usuario puede modificar el mundo virtual moviendo los objetos del lugar en que se encuentran, tal como lo haría en el mundo real.
- Dispositivos móviles: Este tipo de dispositivos son empleados específicamente en los sistemas proyectivos o bien en los inmersivos, ya que tiene por objeto someter al usuario a movimientos lo más reales posibles dentro del mundo virtual, ya que con ellos se pueden simular giros o bien acelerar la navegación del usuario por el espacio virtual.

De todos los dispositivos de salida ha que he hecho referencia, los más importantes son los de presentación puesto que el hombre recibe la mayor parte de la información de su entorno a través del sentido de la vista.

**III. ESTACIÓN DE PROCESO:** “Es la encargada de controlar todos los componentes del sistema de realidad virtual y de mantener y calcular el comportamiento de todos los elementos. El aspecto del mundo virtual y

el comportamiento de los objetos depende de los datos recibidos a través de los dispositivos de entrada. Una estación de proceso ejecuta continuamente un programa compuesto por los siguientes pasos:

- Entrada de datos: la estación de proceso recibe los datos que son recogidos por los dispositivos de entrada.
- Localización: Una vez que recogió los datos provenientes de los dispositivos de entrada, determina la posición y orientación del usuario utilizando los datos que le proporcionan los sensores de posición.
- Simulación: La estación de proceso calcula la posición y el aspecto de los objetos del mundo virtual dependiendo de las órdenes que el usuario dé y de la interacción que se tenga con los diversos objetos.
- Salida de datos: Calculadas las posiciones y la interacción entre los objetos, la estación de proceso muestra al usuario el estado del mundo virtual haciendo uso de los dispositivos de salida correspondientes.”<sup>26</sup>

#### **1.4. NIVELES DE TECNOLOGÍA DE REALIDAD VIRTUAL.**

La realidad virtual como un tipo de tecnología nueva cada vez va a adquiriendo mayor auge en nuestras vidas; sin embargo, si bien es cierto que se conocen las aplicaciones que esta puede tener y las maravillas que de su aplicación resultarían, también lo es que en un país como el nuestro por ejemplo, no se cuenta con los equipos tecnológicos que nos permitan la recreación virtual de un ambiente en el que se involucre la inmersión del usuario en el mismo o bien, con los que se cuenta no nos permiten explotar al cien por ciento las sensaciones que

---

<sup>26</sup> GUERRERO, JAVIER. Realidad Virtual. La Última Frontera. Editorial Abeto. España, 1996. Págs. 84 y 85.

éstos ambientes provocan en el sujeto que los explora debido al alto costo que los equipos representan; pese a esto, existen diferentes niveles de tecnología con los que se puede llevar a cabo una tarea tan impresionante como lo es la creación de un mundo virtual, éstos niveles se pueden señalar de la siguiente manera:

- “Nivel de Entrada: Este se obtiene cuando se emplea una computadora personal o estación de trabajo y se lleva a cabo una representación del mundo a través de la pantalla, lo que se parecería a estar frente a una ventana hacia el mundo, aquí no se emplean mayores elementos o dispositivos para la creación de la realidad virtual, basta con que la computadora cuente con el software que así lo permita.
- Nivel Básico: En éste nivel ya se hace uso de ampliaciones básicas de interacción, tal sería el caso de unas gafas estereoscópicas.
- Nivel Avanzado: Aquí se trata de hacer un mejor desarrollo de las gráficas que integran el sistema y de un mejor manejo de los datos que entran al ordenador. Esto generalmente se logra añadiendo programas y dispositivos a la computadora que permitan el desarrollo de nuevas cualidades en dicho sistema.
- Nivel Inmersivo: En este nivel ya se logra crear en el usuario la sensación de encontrarse dentro del mundo tridimensional; ésta sensación se obtiene

a través del empleo de nuevos dispositivos que resultan ser más sofisticados y por ende merecen mayor costo”<sup>27</sup>.

Una vez puntualizado lo anterior, nos podemos dar cuenta de que para integrar un sistema de realidad virtual cualquier ordenador de uso común es útil; solamente se le tienen que integrar el software y el hardware especializado en las aplicaciones que la misma requiere, atendiendo sobre todo al nivel de sensaciones reales que se deseen provocar en el usuario.

---

<sup>27</sup> ARELLANO MARTÍNEZ, ROSA MARÍA. Tesis: La Realidad Virtual en la Educación Superior. México, 2002. Pág. 27

## **CAPÍTULO 2. REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA**

### **2.1. DIFERENTES NIVELES DE INMERSION**

Como ya lo he señalado en el Capítulo anterior, la realidad virtual inmersiva consiste básicamente en simular todas aquellas percepciones que una persona puede tener a través de sus sentidos, principalmente la vista, el oído y el tacto, incluso se pueden incluir sensaciones de aceleración o movimiento; estas percepciones deben ser presentadas al usuario de forma que se sienta inmerso en el universo que la computadora ha generado hasta llegar al punto de aislarse por completo del mundo real.

Existen una serie de factores determinantes en la aceptación de la realidad virtual por parte del usuario; es decir, hacer que el ambiente virtual sea lo suficientemente real para que sea aceptado psicológicamente por el individuo. Estos factores pueden ser físicos y psicológicos.

Los factores físicos son determinantes en la forma en que un sujeto percibe la realidad virtual, ya que mientras más estímulos tenga y mientras más involucrados se vean sus sentidos, mayor será la sensación de realidad y por su parte los psicológicos permiten al usuario que se sumerge en un ambiente virtual, sentirse como si estuviera en un mundo real; los factores físicos, son básicamente todos los movimientos y acciones que el individuo pueda realizar dentro del ambiente recreado, lo que a su vez van a influir en la manera en que se va desarrollando.

En las experiencias de realidad virtual el sentido más involucrado es la percepción visual, la cual en muchas ocasiones se ve complementada con la percepción auditiva y táctil; una vez involucrados los sentidos de una persona en un sistema de realidad virtual las experiencias de inmersión en un sujeto empiezan a tener mayor importancia, ya que si el ambiente recreado estimula todos los sentidos de una persona, el nivel de realidad experimentada se incrementará; esto es, una persona que solamente involucra la visión en un sistema de realidad virtual no experimentará un nivel de inmersión importante, el nivel se incrementará si se incluye el oído y se incrementará aún más si se le complementa con el sentido del tacto.

### **2.1.1. VISIÓN**

Para que el sentido de la vista de un sujeto actúe de manera efectiva en un sistema de realidad virtual se necesitan un tipo de dispositivos que permitan al usuario observar las imágenes que forman parte del ambiente virtual, estos dispositivos son los llamados de presentación; “los cuales tienen por objeto proporcionar al usuario la imagen del mundo virtual, es decir, información de carácter gráfico acerca de los objetos que componen el mundo virtual, sus posiciones y características.”<sup>28</sup>

Los dispositivos de presentación pueden variar desde los más convencionales como en el caso del monitor de la computadora, que tiene utilidad sobre todo en los sistemas proyectivos y los de sobremesa, hasta los más sofisticados utilizados en los sistemas de realidad virtual inmersiva, los cuales se pueden dividir en tres tipos especiales:

---

<sup>28</sup> DEL PINO GONZÁLEZ, L. M. Realidad Virtual. Editorial Paraninfo. España, 1995. Pág. 48.

Visiocascos.

Sistemas binoculares.

Gafas estereoscópicas.

Por lo que respecta a los visiocascos y a los sistemas binoculares, su utilización se da única y exclusivamente en los sistemas inmersivos, ya que permiten al usuario aislarse de aquello que pudiera ver a su alrededor proporcionando una visión estereoscópica; es decir, se utilizan dos pantallas diferentes para cada ojo que solamente permiten ver las imágenes que forman parte del ambiente virtual; por su parte las gafas estereoscópicas se pueden utilizar indistintamente tanto en los sistemas inmersivos como en los proyectivos porque permiten al usuario la visión en relieve, situación que no es posible con los dispositivos convencionales.

Los visiocascos, son una clase de dispositivos en forma de casco que el usuario lleva en la cabeza mientras explora el mundo virtual, al cual se le incorporan dos pantallas de cristal líquido que van a permitir que se tenga una visión estereoscópica o en relieve de la escena que se presenta, visión que se obtiene en cada una de las dos pantallas presentando imágenes ligeramente diferentes pero que se relacionan con la imagen del mundo virtual y que cada uno de los ojos del usuario percibirá, impidiendo que el usuario tenga contacto con el mundo que le rodea, creando así un mayor grado de inmersión; además se compone de auriculares estereofónicos para el sonido y, por último, para lograr que la inmersión sea completa es necesario que al visiocasco se incorpore un dispositivo de localización que va a permitir al sistema determinar la orientación de la cabeza del usuario , así como su posición.

En cuanto a los sistemas binoculares, emplean tubos de rayos catódicos que sustituyen a las pantallas de cristal líquido usados en los visiocascos, los tubos permiten que las imágenes que integran el ambiente virtual sean de mejor resolución; sin embargo, resultan ser muy pesados y voluminosos lo que se convierte en una desventaja para el usuario toda vez que no podría tenerlos demasiado tiempo en la cabeza.

Por último, tenemos las gafas estereoscópicas, las cuales son utilizadas tanto en los sistemas inmersivos como en los proyectivos, ya que en los dos sistemas lo que se busca es producir un efecto estereoscópico, el cual se basa en mostrar de manera alternativa en la pantalla las imágenes correspondientes a cada uno de los dos ojos de la persona que va a explorar el mundo virtual, el cual con ayuda de las gafas estereoscópicas percibirá con cada ojo una de las dos imágenes; entre las ventajas que se pueden obtener con este tipo de dispositivo es que no alteran la forma en que se ven los objetos reales lo que colabora a que el ambiente virtual cuenta con un mayor parecido a la realidad.

Como se puede advertir, existen varios tipos de dispositivos que permiten visualizar entornos virtuales cuyo uso variará dependiendo de la capacidad económica que se tenga para cubrir el coste de los mismos, ya que mientras más sofisticados sean más elevado será su costo.

#### **2.1.1.1. ESTEREOCOPIA.**

La estereoscopia es otro de los factores de suma importancia para generar la sensación de estar realmente dentro de una imagen tridimensional; de hecho es

una de las cualidades más atractivas con que cuenta la realidad virtual, “esta consiste básicamente en enviar a cada ojo la imagen que le corresponde tomando siempre en cuenta la distancia que los separa, creando así la sensación de profundidad y relieve, características del espacio tridimensional en que vivimos.”<sup>29</sup>

La visión en tres dimensiones para el ser humano es posible porque las imágenes que percibe con cada ojo son ligeramente distintas aun cuando vea la misma escena con ambos ojos, toda vez que la perspectiva con cada ojo es un poco diferente, esto se debe a que el hombre al tener los ojos situados en la parte frontal del cráneo percibe dos perspectivas distintas de una misma escena, situación que es aprovechada a través de las técnicas de estereoscopía, ya que utilizan este mecanismo para hacer que el sistema proporcione una visión en relieve, para ello es necesario que el sistema de realidad virtual calcule por separado cuál es la imagen de la escena que el usuario percibirá por cada ojo y posteriormente se presenten ambas de manera simultánea, cada una por un ojo.

Existen dos técnicas básicas de estereoscopía, la primera de ellas denominada de *multiplexación espacial*, es en la que se utilizan dos pantallas distintas en cada una de las cuales se muestra la imagen que corresponde a cada ojo (la pantallas que se ocupan pueden ser dos tubos de rayos catódicos) como en el caso de los sistemas binoculares o los visiocascos; técnica que se utiliza en los sistemas inmersivos.

A diferencia de los sistemas de sobremesa y proyectivos en los que se puede hacer uso de dos fuentes diferentes de video; esto es, dos monitores distintos; y el usuario emplea gafas polarizadas que dejan pasar hacia cada ojo

---

<sup>29</sup> Ídem. Págs. 28 y 51.

sólo una de las dos imágenes. Sin embargo, lo normal en los sistemas de sobremesa es emplear la segunda de las técnicas de estereoscopía, la cual se denomina de *multiplexación temporal*, la cual se basa en utilizar solamente una pantalla en la que se van mostrando las imágenes correspondientes a cada ojo de manera alternativa y para conseguir que cada ojo perciba únicamente una de las dos imágenes se emplean las gafas estereoscópicas. Con estas dos técnicas de estereoscopía se fortalece el realismo característico de los sistemas de realidad virtual ya que permiten la visión en relieve.

### **2.1.2. INTERACCIÓN.**

Un sistema de realidad virtual como ya se había señalado, es una experiencia en la que se crea en un individuo la sensación de estar sumergido en un mundo artificial, sintético, generado por una computadora. En él, un sujeto puede tocar y utilizar los objetos que ve, que virtualmente existen en su imaginación, aunque realmente se hallan dentro de un ordenador.

La interacción en un sistema de realidad virtual se refiere a que el usuario pueda influir de alguna manera en el mundo artificial que ha sido generado por un ordenador. Existen dos tipos distintos de interacción entre el sistema y el usuario, por un lado tenemos la interacción dinámica, que consiste básicamente en que el individuo tenga la capacidad de interactuar con los objetos que pertenezcan al ambiente virtual; es decir, que pueda mover un objeto, encender una máquina, o en general cualquier movimiento que provoque que los objetos cambien su representación gráfica o bien, que cambien su posición, la otra forma de interacción es la navegación, la cual consiste en que el sujeto pueda moverse dentro del mundo virtual para que pueda ver la escena desde diversos ángulos;

de las dos, la más apropiada para una obtener una mayor sensación de realidad sería la interacción dinámica.

Una parte fundamental de los sistemas interactivos es la velocidad de respuesta que se tenga respecto de los movimientos que el usuario efectúa y el sistema mismo; la velocidad de respuesta dentro de la realidad virtual recibe el nombre de latencia. “La latencia es el tiempo real transcurrido entre el momento en que el usuario ejecuta un movimiento determinado y el momento en que el sistema le presenta la información del mundo virtual actualizada.”<sup>30</sup>

Para obtener un buen resultado en un sistema de realidad virtual, es necesario que la relación entre la latencia, la calidad de las imágenes y la velocidad de síntesis, estén perfectamente calculadas, ya que si la latencia es muy elevada, el usuario no podrá tener un control preciso sobre sus movimientos, ocasionándole incluso mareos además de que se destruirá por completo la apariencia de realidad de la aplicación.

Para el buen funcionamiento de un sistema de realidad virtual como ya vimos, es necesario que exista un verdadero compromiso entre la velocidad de síntesis, la calidad de las imágenes y la latencia. La estación de proceso que se elija, junto con los módulos accesorios de procesamiento gráfico, determinará la capacidad que el sistema tenga para generar imágenes; es decir, la potencia gráfica.

---

<sup>30</sup> GUERRERO, JAVIER. Realidad Virtual. La última frontera. Editorial Abeto. España, 1996. Pág. 36.

Para una potencia gráfica determinada, el diseñador del sistema deberá elegir entre aumentar la calidad de las escenas o aumentar la velocidad de síntesis; esto es, el número de escenas que se van a generar por segundo. Cuanto mayor sea la calidad de las escenas, cuantos más objetos haya en la misma y más detallada sea la representación gráfica de éstos, más potencia gráfica será necesaria para generar una única escena, con lo que el número de escenas disminuirá; así, mientras más escenas por segundo se deseen generar, menor será su calidad.

En caso de que se quisiera aumentar la calidad de las escenas sin que la velocidad de síntesis baje de cierto límite, entonces se tendrá que aumentar al potencia gráfica del sistema, lo que significaría que el presupuesto dedicado a los aspectos gráficos del sistema aumentará en detrimento de otras partes del mismo, como pueden ser las tareas de simulación o de localización.

Como se puede apreciar, la forma de comportarse de los objetos en el mundo virtual es la que determina en mayor medida su similitud con el mundo real. El mundo virtual será más creíble cuanto más parecido sea el comportamiento de los objetos que lo componen con el de los objetos del mundo real.

### **2.1.3. AUDICIÓN.**

En un sistema de realidad virtual, el sonido también juega un papel muy importante, a través de él, el usuario puede sentirse más inmerso en el ambiente

recreado puesto que ayuda a que los movimientos realizados tanto por el usuario como por los objetos estén dotados de los sonidos que tendrían en el mundo real.

El sonido en un sistema de realidad virtual cumple con cuatro funciones primordiales que son:

- Función informativa. El sonido dentro de un ambiente virtual proporciona al usuario información relativa a los movimientos que lleva a cabo dentro del ambiente artificial; por ejemplo, cuando realiza un movimiento que lo llevará a chocar con algún objeto que forma parte de la escena, el usuario podrá darse cuenta de ello porque el sistema producirá un sonido con el que lo alertará del choque que pudiera provocarse.
- Función metafórica. “El sonido al igual que la imagen, puede emplearse para traducir una serie de datos a un formato fácilmente entendible por el usuario.”<sup>31</sup> Este tipo de aplicación se utiliza en la Medicina, específicamente en una sala de terapia intensiva en la que se pueden traducir ciertas constantes vitales a sonidos.
- Función artística. Ésta consiste básicamente en introducir música de fondo a una aplicación, lo que en la mayoría de las ocasiones la hace más atractiva; incluso, éste tipo de aplicación suele influenciar en el estado de ánimo del usuario.

---

<sup>31</sup> DEL PINO GONZÁLEZ, L. M. Realidad Virtual. Editorial Paraninfo. España, 1995. Pág. 59.

- Función descriptiva. Ésta función es en la que se dota a los objetos que forman parte del ambiente virtual de todos los efectos de sonido que provocarán en el usuario la sensación de encontrarse sumergido en un ambiente artificial, ya que podrá percibir por ejemplo, cuando un vidrio se rompe tal y como sucedería en el mundo real.

El poder escuchar lo que acontece en un mundo virtual no sólo contribuye a aumentar en el usuario la sensación psicológica de inmersión y de realidad, sino que permite al individuo tener una mayor comprensión de la escena.

El proceso de generación de sonido en una aplicación de realidad virtual constará principalmente de tres pasos:

- a) Creación de secuencias sonoras.
- b) Procesado de la señal y localización espacial.
- c) Reproducción del sonido resultante.

Una vez que la secuencia sonora ha sido creada a través de secuencias pregrabadas o bien utilizando un sintetizador, estarán listas para ser reproducidas, ya que no es necesario llevar a cabo otros procesos para su reproducción; lo cual no ocurre cuando se emplean sonidos descriptivos, en virtud de que cuando en una aplicación de realidad virtual se emplean efectos sonoros, el usuario utiliza la visión para identificar el origen del sonido que escucha; ésta asociación psicológica se acentúa en los sistemas inmersivos cuando se emplean mecanismos que permitan al usuario identificar la procedencia del sonido a partir

del mismo sonido; esto es a lo que se llama técnicas de localización del sonido, las cuales no sólo permiten asociar sonidos con imágenes, sino que permiten que el usuario se de una idea de la proximidad de los objetos o de la ocurrencia de los eventos que se encuentran fuera de su campo de visión.

“La más simple de las técnicas de localización del sonido es la de audición estereofónica. Esta técnica, bastante familiar para todo aquel que tenga en casa un equipo de música, permite ‘situar’ un sonido en una dirección determinada. Para ello se utilizan dos altavoces, por los que se emite el mismo sonido, pero a distinto volumen. La diferencia de volumen de las dos señales que llegan a nuestros oídos hacen que detectemos el sonido como procedente de un determinado punto, situado en la línea de unión de los dos altavoces.

Es evidente que, para poder utilizar esta técnica en un programa de realidad virtual, la aplicación deberá calcular en cada momento la posición relativa del usuario con respecto a la fuente de sonido, y controlar el volumen de los dos altavoces correspondientemente.

Sin embargo, ésta técnica no tiene mucha utilidad en la aplicación inmersiva. La audición estéreo convencional sólo permite situar el punto de origen del sonido en la línea de unión de los altavoces, mientras que en un mundo virtual en tres dimensiones un sonido puede venir de cualquier parte del espacio. Se hace pues, necesario, emplear alguna técnica más sofisticada.

La técnica que se suele emplear en la actualidad es otra, basada en una simulación del proceso real de la audición humana.”<sup>32</sup>

El hombre es capaz de determinar la procedencia del sonido a través de la fuente que lo genera debido a que lo que se percibe con ambos oídos no es exactamente lo mismo y esas pequeñas diferencias son las que permiten al cerebro determinar la procedencia del sonido que se escucha. La diferencia entre lo que se escucha con un oído respecto de lo que se escucha con el otro se debe básicamente a dos mecanismos distintos; por un lado está el que el sonido no llega al mismo tiempo a los dos oídos, sino que llegará primero al que se encuentra más cerca de la fuente de generación del mismo, lo que se traduce en un retardo entre las señales recibidas por ambos oídos; éste retardo recibe el nombre de retardo intrauricular; dicho retardo es muy pequeño pero suficiente para que el individuo pueda darse una idea de la localización de la fuente del sonido; éste primer intento por localizar la fuente del sonido se ve perfeccionada con la intervención del pabellón de nuestra oreja, toda vez que como el sonido es una vibración del aire, la función del pabellón consiste en actuar como un filtro que distorsiona la señal sonora de tal forma que depende de la dirección de la que provenga el sonido; de esa manera, se introduce otra diferencia entre las señales que llegan a los dos oídos.

Los dos tipos de informaciones que llegan a nuestro oídos a través de estos mecanismos son los que permiten a nuestro cerebro determinar de manera casi precisa en qué dirección del espacio en tres dimensiones se encuentra la fuente generadora de sonido.

---

<sup>32</sup> DÍAZ, JOSÉ MANUEL. 3ds Max 5. Edición Especial. Ediciones Prentice Hall. España 2003. Págs. 62 y 63.

En los sistemas de realidad virtual, con las técnicas de procesado digital de la señal, resulta posible tomar un determinado sonido y procesarlo mediante un algoritmo que simule el retardo intraauricular y el efecto de filtrado realizado por el pabellón de la oreja. Por lo cual, basta con hacer escuchar al usuario mediante unos auriculares las dos señales ligeramente diferentes así obtenidas, para que éste sea perfectamente capaz de determinar la fuente virtual del sonido que escucha.

Una vez efectuado el procesamiento necesario, todas las secuencias sonoras pueden sumarse y enviarse al dispositivo encargado de su reproducción.

#### **2.1.4. TACTO.**

Además de los dispositivos de visión y de audición en un sistema de realidad virtual, existen otros que permiten al usuario involucrar otro de sus sentidos, el tacto, estos dispositivos reciben el nombre de dispositivos táctiles.

Así como el sentido de la vista juega un papel muy importante en las aplicaciones de realidad virtual, las manos juegan uno no menos importante; a través de ellas el usuario puede interactuar con el sistema, ya sea transmitiendo órdenes o bien recibiendo información. En la vida real es a través de las manos cómo controlamos la mayoría de los instrumentos y cómo manejamos la mayoría de los objetos; por lo tanto, resulta muy natural que en los sistemas de realidad virtual se empleen las manos para hacer esas mismas tareas.

En determinadas circunstancias, la información que se adquiere a través de las manos dentro de un sistema de realidad virtual puede ser de gran importancia; ésta información puede ser de dos tipos: información táctil e información cinestésica.

La información táctil es aquélla que va a indicar al usuario el contacto con un objeto permitiéndole identificar determinadas características tales como la rugosidad de la superficie o bien su temperatura, por medio de los sensores que el ser humano posee en la piel. En un sistema de realidad virtual, los dispositivos de realimentación táctil van a permitir que el usuario sienta el contacto con un objeto virtual cercano, contribuyendo así al realismo de la aplicación; también pueden indicar al sujeto el momento en que pueda sujetar un objeto dependiendo de la cercanía que tenga con éste.

Estos dispositivos de realimentación táctil encuentran su principal aplicación en los sistemas de realidad virtual inmersiva y en aplicaciones de telerobótica. En cuanto a los dispositivos de realimentación cinestésica, son los encargados de proporcionar información de carácter mecánico sobre la resistencia de los objetos y tienen como principal ámbito de uso las aplicaciones de simulación y la telerrobótica.

Como nos hemos podido dar cuenta, la realidad virtual implica no sólo un ambiente o escena generado a través de un ordenador que se parezca por su características físicas a una escena del mundo real; sino que también implica crear en el usuario sensaciones que efectivamente lo hagan sentirse parte de ese ambiente recreado; siendo estas sensaciones parte de un proceso de creación a través de dispositivos que simulan las sensaciones que en realidad son

experimentadas por un individuo al estar frente a determinada circunstancia en el mundo real.

## **2.2. APLICACIONES DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA.**

La realidad virtual es un área multidisciplinaria que promete un amplio aspecto de aplicación, posee características que la convierten en una herramienta ideal para la recreación de situaciones que involucran algún riesgo, ya sea para personas o equipos. Es un área tecnológica que se encuentra en el inicio de su desarrollo y su aplicación a largo plazo sería muy benéfica para el desarrollo de diversas áreas. Las aplicaciones de realidad virtual se amplían día a día y prácticamente todos los campos de la ciencia y la tecnología podrán sacar provecho de ella; por lo pronto, su utilización y las maravillas que se pueden hacer con ella se están dando a conocer a través del entretenimiento, principalmente con los videojuegos, los cuales cada vez son más interactivos y tienen mayor difusión entre diferentes sectores de la población.

### **Videojuegos**

El mercado potencial de los sistemas de realidad virtual se ha dado en los sistemas denominados de ocio, los cuales han obtenido un auge impresionante tanto para los salones de juego como para los jugadores de manera individual; su consumo ha aumentado de manera significativa en los últimos años.

Aunque los sistemas actuales de realidad virtual utilizan visiocascos, varias compañías de videojuegos están trabajando en videojuegos virtuales parecidos a los simuladores de vuelo profesionales. En estos juegos el usuario entra a una cabina que puede moverse mediante mecanismos hidráulicos en cuyo interior hay dispuestos una serie de monitores. El control se lleva a cabo mediante botones y sensores situados dentro de la cabina. Estas cabinas se perfilan como la solución óptima ya que permiten una adaptación más rápida al juego y también eliminan la necesidad de utilizar cascos de visualización relativamente pesados y que pueden provocar mareos en las personas.

## **Medicina**

La Medicina es una de las áreas que más beneficios ha obtenido de los avances tecnológicos. La aplicación de la realidad virtual dentro de esta área, se da principalmente en cuanto al estudio de la Anatomía, diagnóstico, cirugía y rehabilitación.

Un ejemplo de la aplicación de la realidad virtual en la Medicina se da con la nueva disciplina médica denominada laparoscopia; cirugía en la cual el Doctor realiza las operaciones guiando un largo instrumento quirúrgico a través de un diminuto agujero practicado en el paciente. Este tipo de cirugía puede eliminar, en gran medida, las cicatrices posteriores, pero tiene el inconveniente de que se trata de una técnica difícil de dominar.

Con el uso de la realidad virtual, se pretende terminar con la era de los cuchillos, un cirujano podrá realizar una intervención quirúrgica desde su ciudad de residencia a un paciente que se encuentre en otra ciudad cercana o al otro lado

del mundo, siendo supervisados por el sistema todos los parámetros y constantes vitales del paciente para que la operación sea exitosa.

Los datos aparecerán representados en el casco que el médico utilice junto a los órganos del paciente, mientras el guante de datos por su parte, se encargará de agarrar el bisturí virtual. En la mesa de operaciones real, un brazo robot describirá con precisión los hábiles y precisos movimientos del cirujano.

Esta aplicación que hoy por hoy se encuentra en fase experimental, no será nada nuevo en el transcurso de algunos años; de hecho, un sistema semejante ya se utiliza para la formación de nuevos cirujanos.

La representación gráfica de datos científicos permite también a los radiólogos visualizar en tercera dimensión los órganos y radiografías para que se puedan apreciar mejor las posibles enfermedades que padezcan los pacientes, observando de una forma más precisa las estructuras y anomalías. También es posible investigar las propiedades de nuevas moléculas que quizá formen la composición de un nuevo medicamento, experimentando incluso las fuerzas entre sus enlaces u observando cómo actúan sobre el cuerpo humano.

## **Arquitectura**

Utilizando técnicas de realidad virtual pueden diseñarse ciudades enteras o se puede disponer de prototipos de los edificios enteros antes de su construcción, lo que permite analizar su impacto urbanístico sobre la zona, mejorar los accesos y

planificar su construcción más racionalmente. La realidad virtual se ha venido utilizando para enseñar a los futuros compradores las casas que aún no habían sido construidas. Los compradores podían utilizar un caso de visualización y caminar por las calles para ver el aspecto de su vivienda por fuera o entrar en ella para contemplar una imagen realista de las habitaciones.

La compañía Matsushita Electric Works, una de las compañías constructoras más importantes de Japón, ha creado un avanzado sistema de realidad virtual para modelar casas y edificios completos. Este sistema inmersivo incluye todas las características que son necesarias para el diseño avanzado de entornos habitables, incluyendo iluminación, los sistemas de calefacción y aislamiento acústico.

Durante la fase de diseño y durante la creación de los modelos aparecen muchas dudas acerca de la posición y el ajuste de mobiliario. El sistema facilita la organización de interiores e incluso la manera como aparecerán las sombras en la vivienda. La ilusión de realidad se completa con la posibilidad de cambiar colores y texturas.

## **Ciencia y tecnología**

Es evidente que la realidad virtual tiene una utilidad científica inmediata: permite realizar simulaciones y comprobar la validez de los modelos matemáticos propuestos para distintos problemas; además permite visualizar los datos de forma cómoda en sistemas de muchas dimensiones o con gran número de parámetros.

La NASA por ejemplo, investiga mediante avanzados programas y hardware de realidad virtual la forma de viajar a otros planetas simulando las superficies de Marte o sus Lunas, a través de datos topológicos obtenidos por los satélites de exploración planetaria.

Por otra parte, la Biología y la Química pueden obtener beneficios de las técnicas de realidad virtual porque permitirán a los investigadores viajar a través de una célula observando sus estructuras o experimentando las fuerzas entre los iones del modelo tridimensional de la molécula.

### **Aplicaciones militares**

La realidad virtual en esta área ha tenido una gran difusión, se utiliza en el ámbito militar, marítimo y de fuerza aérea. En Estados Unidos, se utiliza la realidad virtual en el entrenamiento de soldados individuales, colocando a la infantería dentro de un entorno virtual formado por una pequeña población con tanques y paracaidistas enemigos.

En las prácticas, los soldados llevan cascos de visualización de alta resolución que muestran imágenes generadas por un ordenador y llevan armas semiautomáticas y antitanque. Este entorno virtual se está utilizando en la investigación y el desarrollo de simulaciones y para el entrenamiento de las tropas en tareas que implican un alto riesgo. También se está trabajando en el campo de los entornos virtuales distribuidos para la valoración de nuevos sistemas de armas y para la inmersión de las tropas en batallas a gran escala.

## **Arte e Infografía**

Las técnicas infográficas, o síntesis digital de la imagen, constituyen uno de los aspectos más atractivos del uso de los ordenadores. “La infografía corresponde a la creación de imágenes sintéticas en un ordenador. Dicha síntesis puede hacerse a partir de expresiones matemáticas como es el caso de los fractales, calculando vistas de los objetos mediante sus coordenadas o manipulando imágenes reales mediante técnicas de tratamiento fotográfico y de morphing.”<sup>33</sup>

Las técnicas infográficas y de realidad virtual se usan ya en el cine actual, un ejemplo de estas aplicaciones es la película Terminator II.

Asimismo, entre los cineastas va adquiriendo mayor auge la denominación “Synthespian”, la cual sirve para definir a un actor generado por ordenador que promete ser la alternativa virtual a sus homónimos humanos. Los grandes estudios de Hollywood se muestran muy interesados en esta tecnología ya que podría representar una alternativa más segura y barata a los actores reales y a los especialistas del doblaje en las escenas de acción. A este tipo de actores también se les conoce como virtual actors o actores virtuales.

## **Enseñanza**

Actualmente el medio en el que el ser humano se desenvuelve, en menor o mayor grado, es un mundo electrónico, el cual está caracterizado por estructuras formadas que no componen una realidad directa, pero sí son representaciones del mundo real.

---

<sup>33</sup> SCHILDT, HERBERT. Programación en Turbo C. 2ª Edición. Mc. Graw Hill. México 1991. Traducción José Luís Andrés García. Pág. 71.

El ser humano muestra una fuerte inclinación hacia la comunicación y adquisición de experiencia a través del mundo; sin embargo, desafortunadamente su participación se limita a la simple observación lo que origina que dicha intervención se dé de una manera puramente pasiva que impide que el sujeto desarrolle un proceso de pensamiento autónomo; el cual solamente se obtiene cuando existe una participación activa del individuo en los eventos que ocurren.

Las computadoras dentro del proceso educacional proporcionan sin duda un gran impulso al desarrollo del proceso de pensamiento porque es claro que la experiencia, el conocimiento y las habilidades adquiridas, permiten una participación activa; es decir, todas éstas capacidades proporcionan a un sujeto la capacidad de interactuar con el medio que le rodea de una manera eficaz y porqué no, de una manera más sencilla.

En los últimos años, se han llevado a cabo investigaciones para saber cómo ayudar al estudiante a desarrollar sus habilidades y conocimiento en un mundo que continuamente está cambiando y que exige mayor y mejor preparación, por lo que es necesario que el proceso pedagógico salga de las formas tradicionales y se adecue con ayuda de la nueva tecnología a las exigencias del mundo moderno, ya que la realidad virtual ayuda a la activación de la comunicación directa con el medio físico porque desarrolla la capacidad de observación, memoria, asimilación, expresión e intervención de los estudiantes en el mundo físico; además, fortalece la capacidad del estudiante para crear modelos mentales que posteriormente se podrán transformar para aplicarlos a situaciones reales dentro de un mundo real.

Con la ayuda de un sistema de realidad virtual, el aprendizaje de los estudiantes se convierte en activo, pasando de un estado pasivo a un estado de

interacción y participación en situaciones determinadas; la solidez de información, la interacción, el grado de respuesta que se tenga respecto de una situación en particular; y en general, el tiempo y el grado de participación del estudiante en una situación específica, podrán ser controladas a través de diversos dispositivos, con lo que la realidad virtual no sólo contribuye a la realización del proceso de aprendizaje sino que también da la oportunidad a los estudiantes del salir del medio escolar que es muy limitado, en el que solamente se pueden adquirir los conocimientos teóricos; ahora con ayuda de la realidad virtual, esos conocimientos teóricos adquiridos a través de un libro, podrán ponerse en práctica, complementando el proceso de aprendizaje y con ello se obtendrán personas mejor preparadas en cualquiera de los ámbitos en que deseen desarrollarse.

En nuestro país por ejemplo, la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, cuenta con centros relacionados con el uso de la tecnología de realidad virtual; uno de ellos es la sala Ixtli que es una sala de visualización para desarrollar trabajos multidisciplinarios de realidad virtual tridimensional con inmersión en el espacio como son: el servicio de alta tecnología computacional de la investigación y la enseñanza para las áreas de ciencias, humanidades y arte.

En ésta sala se pueden simular diferentes tipos de fenómenos cuyo análisis resulta complicado por los métodos convencionales, los cuales van desde adentrarse en la reconstrucción de sitios arqueológicos hasta estudiar y navegar a través de moléculas, enzimas u hormonas para conocerlas mejor.

Como se puede apreciar, la realidad virtual en un futuro muy cercano se convertirá en una forma de tecnología que se aplique a diversos aspectos de

nuestras vidas; en virtud de lo cual, resulta necesario que las nuevas generaciones estén a la vanguardia en ese tipo de conocimiento, lo cual se logrará si dentro de las aulas los estudiantes están en contacto con éste tipo de tecnología, con lo que se crearán las bases del conocimiento y a través de la práctica, se obtendrá una mayor preparación de los alumnos para que en el momento en que salgan al campo laboral no lo hagan sin armas que les permitan adaptarse a las exigencias del nuevo mundo.

## CAPÍTULO 3. MEDICINA FORENSE

### 3.1. ANTECEDENTES

La historia de la Medicina Forense se puede dividir en dos épocas; las cuales encuentran su división desde el punto de vista de autores como César Augusto Giraldo con la aparición de las ideas que Ambrosio Paré aportó para el enriquecimiento de esta ciencia así, tenemos que en la primera época se pueden señalar los siguientes aspectos relevantes:

En la antigua Mesopotamia, en el Código de Hammurabi, el cual data del siglo XVIII a. de C., ya se hacía mención en algunos de sus capítulos, a cuestiones relativas a la Medicina Forense, porque regulaba el ejercicio de aquéllas personas que se dedicaban al arte de curar y se señalaban las penas que se hacían efectivas a personas que causaran, por diversos medios, lesiones a otras; asimismo se establecían las penas aplicables a las mujeres que se sometieran a un aborto; así como al individuo que privara de la vida a otro.

En el año 3000 a. de C., en Egipto Imothepe fue el primer médico forense. Las técnicas de embalsamamiento llevadas a cabo por los pueblos egipcios como parte de ceremonias religiosas aportaron a la Medicina Forense algunos conocimientos en cuanto a Anatomía; sin embargo, dichas técnicas aportaron grandes conocimientos en cuanto a la conservación de cadáveres. En éste país las primeras regulaciones sobre Medicina Forense versaban entre otras cuestiones sobre el aborto y las penas en que podían incurrir aquéllos que realizaran una mala práctica de la Medicina.

China por su parte tiene como principal mérito que fue allí en donde se conoció el primer libro de Medicina Forense del mundo el cual apareció alrededor de 1247.

En Alemania, la aportación básica fue el Código Carolino de 1532 siendo el primer manual de procedimientos en asuntos médico-legales, sobre todo en cuanto a homicidio, lesiones, aborto e infanticidio.

Datos más específicos sobre Medicina Forense los encontramos en Roma, ya que todo lo relacionado con esta ciencia se encontraba compilado en lo que se consideraba el Derecho Médico. En el Código Justiniano se regulaban diversos aspectos como son la duración del embarazo, las sanciones aplicables en casos de mala práctica y la regulación del número de expertos en el arte de curar que podía haber en cada ciudad.

Antonio Benivieni, nacido en Florencia es considerado como el padre de la Anatomía Patológica, Benivieni fue el primer médico que realizó de manera rutinaria necropsias; en su libro titulado “De abditis nonnullis ac mirandis morborum et sanatum causis” se registraron las primeras notas anatomopatológicas de la Edad Media.

Hasta aquí, se han señalado algunos de los aspectos más importantes de la etapa antigua de la Medicina Forense, ahora, con la aparición de Ambrosio Paré comienza lo que los estudiosos denominan la etapa moderna de esta ciencia.

Ambrosio Paré, francés de nacimiento, logró conformar a la Medicina Forense como ciencia. Su libro dedicado al estudio de la Medicina Forense fue el primero en servir de apoyo a la docencia, en él se trataron temas como la virginidad y las formas de conservarla, la forma de embalsamar a los cadáveres; asimismo, se hacía mención a los diversos tipos de lesiones y un aspecto muy importante que trató en su libro, fue en cuanto a la forma de preparar informes médico legales.

En 1800 Xavier Bichant, francés, publicó su libro “Traité des membranes” en éste libro se incorpora la idea de que los órganos están compuestos por tejidos, además Bichant fue el primero en dar un concepto científico de lo que es la muerte.

Por su parte Alfonso Lacassagne aportó mucho a la Medicina Forense en cuestiones sobre la preparación que el médico forense debe tener respecto al levantamiento de cadáver; además, fue él quien describió la importancia que los tatuajes podrían tener en la identificación de una persona. Otra de sus aportaciones fue la presencia de manchas sanguíneas en los cadáveres así como el enfriamiento, aspectos que permiten conocer el tiempo aproximado en que ocurrió la muerte en un sujeto, circunstancias que en la actualidad son de gran utilidad para la investigación en el delito de homicidio.

Los anteriores son sólo algunos de los médicos más importantes que aportaron sus conocimientos a la Medicina Forense en diferentes países y en diferentes épocas, con lo que poco a poco se logró que esta ciencia cobrara mayor importancia tanto en el aspecto educativo como en el aspecto de impartición de justicia, sin embargo, no puede pasarse por alto, el desarrollo de la Medicina Forense en nuestro país, México.

Como ya señalé, debido a la importancia que la Medicina Forense tomó en el ámbito de impartición de justicia, en México se buscó lograr un mayor auge y sobre todo se buscó obtener una mejor preparación en aquellas personas que quisieran incursionar en esta área del saber, fue así como se incluyó la cátedra de Medicina Forense en diferentes universidades de nuestro país llegando incluso a crearse institutos y asociaciones que permitían obtener mayor conocimiento de ella con lo que se lograría impulsar de manera determinante el conocimiento de la Medicina Forense.

Entre los autores más destacados de la Medicina Forense en nuestro país se pueden señalar entre otros al doctor Luís Hidalgo y Carpio, a quien se le reconoce como el fundador de la etapa científica de la Medicina Forense en México, algunas de sus ideas fueron recogidas por la comisión redactora del proyecto del Código Penal de 1871; otros personajes importantes son el doctor José Torres Torija quien estuvo a favor de que se creara el Instituto de Medicina Forense; el doctor Alfonso Quiroz Cuarón, criminólogo prominente, quien es reconocido mundialmente por sus aportaciones en el aspecto forense especialmente por su participación en la investigación del asesinato de León Trotsky al colaborar en la realización del estudio criminológico que se le realizara a éste.

De esta manera la Medicina Forense se ha convertido en una ciencia de gran utilidad para las autoridades que son encargadas de impartir justicia en un país; sobre todo en algunas ramas específicas del Derecho como lo es en la Penal ya que en un momento dado las aportaciones de ésta en la investigación de un delito pueden influir de manera significativa en que se le deje en libertad o bien que se condene a la persona señalada como probable responsable de la comisión de los hechos que se investigan, proporcionando a la autoridad elementos objetivos y confiables en los cuales se basará la resolución que se dicte.

### 3.2. DEFINICIÓN.

A la Medicina Forense también se le conoce como Medicina Legal, Jurisprudencia Médica, Medicina del Derecho y Medicina Jurídica.

Diversos autores nos dan un concepto de lo que es Medicina Forense, pudiendo señalar entre otras las definiciones aportadas por los grandes maestros como Eduardo Vargas Alvarado quien considera a la Medicina Forense como: *“La especialidad médica que reúne todos los conocimientos útiles a la administración de justicia.”*<sup>34</sup>

Por su parte, el maestro Ángel Gutiérrez Chávez considera a la Medicina Forense como *“La especialidad médica que utiliza todos sus conocimientos para coadyuvar científicamente en la administración de justicia.”*<sup>35</sup>

Asimismo, el maestro Alfonso Quiroz Cuarón hace referencia en su libro titulado Medicina Forense a algunas definiciones dadas por grandes personajes dentro de ésta área entre las que encontramos la del maestro José Torres Torija quien considera a esta ciencia como *“La aplicación de las ciencias médicas a la ilustración de los hechos investigados por la justicia”*<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> VARGAS ALVARADO, EDUARDO. Medicina Legal. Editorial Trillas. México, 1996. Pág. 13.

<sup>35</sup> GUTIÉRREZ CHÁVEZ, ÁNGEL. Manual de Ciencias Forenses y Criminalística. 2ª Edición. Editorial Trillas. México, 2002. Pág. 73.

<sup>36</sup> QUIROZ CUARÓN, ALFONSO. Medicina Forense. 8ª Edición. Editorial Porrúa. México, 1996. Pág. 136.

También señala el concepto que da el doctor Gajardo quien la considera como *“El conjunto de conocimientos utilizados para estudiar y determinar diversas condiciones biológicas del hombre, considerado éste como sujeto de derecho”*<sup>37</sup>

De todas estas definiciones se puede advertir que la Medicina Forense se convierte en una herramienta indispensable en la investigación de hechos que pueden ser constitutivos de delito y que por ende son de interés para la administración de justicia, herramienta que a través del empleo de diversos métodos y técnicas propias de la Medicina ayuda a la autoridad a entender aspectos biológicos de los sujetos que se encuentran involucrados en los sucesos que son de su interés; de esta manera se puede decir que la Medicina Forense debe cumplir con dos objetivos para que su utilidad en la impartición de justicia sea eficaz y por tanto colabore adecuadamente con las autoridades para llegar a la verdad de los hechos que se investigan; por un lado, tenemos el ámbito legislativo; esto en virtud de que los legisladores al crear una norma relacionada con aspectos médicos necesariamente deben contar con el auxilio de un conocedor de las cuestiones médicas para que en el momento en que se requiera de la aplicación de la norma que ha sido creada esta se adecue al caso concreto y no permita que queden aspectos fundamentales fuera de la legislación y por otro lado, en la práctica del Derecho, sobre todo en el área Penal se presentan cotidianamente situaciones que requieren de la asistencia de un médico forense que emita su opinión respecto a cuestiones biológicas de los individuos que son parte en la comisión de un delito; ejemplo de ello lo tenemos a diario en las Agencias del Ministerio Público en las que se cuenta con un médico (médico forense), que tiene un primer contacto ya sea con la víctima o con el responsable del delito, permitiendo a la autoridad que conoce del mismo, establecer algunas circunstancias importantes en la investigación como lo es en el caso de la violación en el que la víctima es atendida por el médico forense quien de primera instancia hará del conocimiento de la autoridad a través del certificado de lesiones correspondiente si efectivamente la víctima presenta signos de que haya sido objeto de la comisión del ilícito que se señala; sin embargo, la Medicina Forense

---

<sup>37</sup> Ídem. Pág. 136.

para estar en posibilidad de prestar un auxilio eficaz en la investigación de los hechos delictivos necesita de la colaboración de otras ciencias que hacen más completa su aportación, en ese tenor encontramos como ciencias auxiliares de la Medicina Forense las siguientes:

- a) Derecho: Que es el conjunto de normas jurídicas que han sido creadas para regular y armonizar la conducta de los individuos que forman parte de la sociedad.
  
- b) Anatomía: Rama de las ciencias naturales que se refiere a la organización estructural de los seres vivos. La Anatomía es una de las ciencias básicas de la vida, por ello tiene una estrecha relación con la Medicina y con diferentes ramas de la Biología.
  
- c) Fisiología: Es la ciencia que se encarga de estudiar todas las funciones de los seres orgánicos. Todas las teorías de esta ciencia tienen como principal objetivo hacer entendibles los procesos y funciones de un ser vivo en todos sus aspectos.
  
- d) Patología: Es la parte de la Medicina que se encarga del estudio de las enfermedades en su más amplio sentido; esto es, como procesos o estados anormales de causas conocidas o bien de causas desconocidas.
  
- e) Física: Considerada como una ciencia fundamental dada la amplitud de su campo de estudio, se refiere al conocimiento exacto y razonado de alguna cosa o materia; estudia las propiedades de la materia, la energía, el tiempo, el espacio y sus interacciones. Dentro de su campo de estudio encontramos otras ciencias como la Química y la Biología, ya que a través

de ella se obtiene la explicación de fenómenos que ocurren dentro del ámbito de estudio de estas ciencias.

- f) Química: Es la ciencia que se encarga de estudiar la materia, su estructura, sus propiedades y la transformación que experimenta, ya sea a nivel anatómico, molecular y macromolecular.
  
- g) Criminología: Ciencia que tiene por objeto el estudio del hombre delincuente, su tratamiento en diversas etapas del proceso individual o social y del delito y sus causas.
  
- h) Criminalística: Ciencia auxiliar del Derecho que mediante la aplicación de conocimientos, métodos y tecnología, estudian de manera científica los indicios y evidencias materiales de un hecho probablemente delictuoso en el lugar en que los mismos hayan ocurrido, o bien aquéllos que se encuentren en el delincuente o la víctima.
  
- i) Psicología: Ciencia encargada de estudiar la mente y la conducta de los seres humanos y de los animales. Su campo de estudio abarca todos los aspectos de la experiencia humana; desde las funciones del cerebro hasta el desarrollo de los niños, la forma de sentir de los seres humanos y de los animales así como la forma en que piensan, aprenden y se adaptan al medio que les rodea.

La Psicología moderna ha dedicado su estudio a establecer algunos hechos sobre la conducta y la experiencia de los seres humanos que han dado lugar a la creación de teorías que permiten conocer y explicar su comportamiento en determinadas situaciones e incluso permiten predecir sus acciones futuras, pudiendo intervenir en ellas.

- j) Sociología: Ciencia social que se encarga del estudio de todos aquéllos fenómenos que ocurren en la sociedad. Estudia como son creadas, mantenidas o cambiadas las organizaciones y las instituciones que conforman la estructura social, el efecto que tienen en el comportamiento individual de los sujetos así como en la colectividad y los cambios en éstas como producto de su interacción.
  
- k) Antropología: Es la ciencia que trata del hombre física y moralmente hablando.

De lo anterior se advierte que la Medicina Forense para ser una ciencia útil en la administración de justicia requiere de la colaboración de otras ciencias como las enumeradas con anterioridad, ya que los acontecimientos ocurridos día a día en la vida cotidiana demandan mayores conocimientos para que un delito no quede impune y se agoten todos los medios necesarios para llegar a la verdad de los hechos que se investigan; asimismo, la Medicina Forense a su vez debe contar con diversas ramas dentro de su ámbito específico del conocimiento, las cuales requieren de igual manera la colaboración de las ciencias auxiliares de la Medicina Forense, teniendo dichas ramas por objeto de estudio aspectos específicos y de gran relevancia en toda investigación delictiva.

### **3.3. CLASIFICACIÓN.**

La Medicina Forense para cumplir con su objetivo de colaborar con las autoridades en la impartición de justicia se divide en diversas ramas que permiten el desarrollo del estudio más completo de un caso específico; con lo cual se logra

proporcionar a las autoridades elementos necesarios que ayuden a llegar a la verdad de los hechos que se investigan y no permitir que un delito quede impune.

“La Medicina Forense para su estudio se divide en:

- A) Medicina Forense Traumatológica.
- B) Medicina Forense Tanatológica.
- C) Medicina Forense Deontológica.
- D) Medicina Forense Clínica.”<sup>38</sup>

### **3.3.1. MEDICINA FORENSE TRAUMATOLÓGICA.**

Se encarga del estudio de las lesiones (heridas, escoriaciones, contusiones, fracturas, dislocaciones o quemaduras) como alteración en la salud del individuo; poniendo especial interés en determinar la manera en que fueron producidas, que arma, herramienta o instrumento se empleo para causarlas y las consecuencias que éstas trajeron; lo que servirá a su vez para determinar las circunstancias por las cuales se produjeron.

---

<sup>38</sup> DR. PAUL OCTAVIO GARCÍA TORRES. Tomado de la Sesión Académica del día 19 de Agosto de 2005, del Curso de Medicina Forense. Facultad de Derecho. Ciudad Universitaria.

El maestro Eduardo Vargas Alvarado define a la lesión como “Toda alteración anatómica o funcional que una persona causa a otra, sin ánimo de matarla, mediante el empleo de una fuerza exterior.”<sup>39</sup>

Por su parte, el Código Penal Federal señala en su artículo 288:

*“Bajo el nombre de lesión se comprende no solamente las heridas, escoriaciones, contusiones, fracturas, dislocaciones, quemaduras; sino toda alteración en la salud y cualquier otro daño que deja huella material en el cuerpo humano, si esos efectos son producidos por una causa externa.”*

Asimismo, dicho Ordenamiento hace una clasificación de las lesiones:

Artículo 289:

Aquellas que no ponen en peligro la vida y tardan en sanar menos de quince días.  
Lesiones que tardan en sanar más de quince días.

Artículo 293:

Lesiones que ponen en peligro la vida.

---

<sup>39</sup> VARGAS ALVARADO, EDUARDO. Medicina Forense y Deontología Médica. Ciencias Forenses para Médicos y Abogados. Editorial Trillas. México, 1991. Pág. 261.

Dentro del ámbito de estudio de la Medicina Forense Traumatológica, además de las lesiones que presenta un sujeto en su cuerpo, también se encarga de localizar los traumatismos que presenta un cadáver, siendo estos traumatismos de tres tipos:

Lesiones de *forcejeo*, se producen en el inicio de una riña; el forcejeo se identifica porque hay desgarres, desabotonaduras de la ropa o esta se encuentra descosida; generalmente se presentan en forma de pequeñas escoriaciones dermoepidérmicas, estigmas ungueales provocada por las uñas y equimosis en manos, antebrazos, cuello y cara por compresión o sujeción violenta. En el caso de que haya habido forcejeo previo a la muerte, las lesiones que se encuentran son muy leves.

Lesiones de *lucha*, son más intensas que las anteriores; se presentan como escoriaciones dermoepidérmicas profundas y extensas, heridas cortantes, punzantes, punzocortantes, contusas, contusocortantes, hematomas craneanos, etc., generalmente se presentan en cara, cráneo, cuello, hombros, antebrazos, muñecas, tórax, abdomen, etc. Este tipo de lesiones indican un mayor grado de violencia; un paso previo a la comisión de un homicidio.

Por último, las lesiones de *defensa*, lesiones que se dan cuando la víctima y el agresor han sido partícipes de una lucha; en la mayoría de los casos se trata de heridas cortantes, escoriaciones dermoepidérmicas intensas que se ubican a lo largo de las extremidades superiores y equimosis por contusiones. Todos estos tipos de lesiones indican que la víctima trató de defenderse antes de que la privaran de la vida.

### 3.3.2. MEDICINA FORENSE TANATOLÓGICA.

Se refiere al estudio de la muerte y del cadáver.

Así tenemos que se entiende por muerte a la extinción o término de la vida de que goza un sujeto. La muerte de una persona puede ser de diferentes tipos, según las circunstancias que la originen; de esta manera tenemos:

- “Muerte natural: La que resulta por el debilitamiento progresivo de todas las funciones vitales.
- Muerte local: Es la que se da en una parte del cuerpo.
- Muerte aparente: Es aquella en que hay inconsciencia e inmovilidad con aparente detención de la circulación y de la respiración.
- Muerte real: También conocida como somática, es aquella que tiene lugar cuando la circulación, la respiración y el sistema nervioso dejan de funcionar definitivamente.
- Muerte súbita: Deceso instantáneo que sorprende a un individuo en aparente buen estado de salud. La que ocurre inesperadamente en un individuo que padece una enfermedad aguda o crónica, cuyo desenlace fatal era de esperar.
- Muerte violenta: Tiene lugar por circunstancias externas al organismo del individuo que la sufre, ocurre por circunstancias accidentales, suicidios o

bien homicidios, casos que por su naturaleza interesan a las autoridades encargadas de impartir justicia.”<sup>40</sup>

- Muerte Cerebral: “Se refiere al cese irreversible de la función cerebral, comprobado por normas aceptadas de la práctica médica y en el cual la circulación y la respiración sólo pueden mantenerse por medios artificiales o extraordinarias”<sup>41</sup>

La Tanatología Medicolegal se divide en diversas áreas que conforman el estudio completo de un cadáver. La *Tanatosemiología*, en ésta área “se estudian los llamados fenómenos cadavéricos inmediatos o mediatos”<sup>42</sup>; el *Cronotanatodiagnóstico*, tiene por objeto de estudio el determinar el tiempo que ha transcurrido desde el momento en que un individuo ha dejado de existir; *Tanatolegislación*, recordemos que los seres humanos somos objeto de derecho desde antes de nuestro nacimiento y hasta después de la muerte; en tal virtud, la tanatolegislación se refiere a todas las normas que protegen al individuo cuando ha dejado de existir y se ha convertido en cadáver; incluye todos los procedimientos administrativos y judiciales necesarios para la inhumación, la exhumación, etc., *las Necropsias Medicolegales*, que son los procedimientos medicoquirúrgicos, técnicos y científicos que determinan las causas de muerte de un individuo o bien las condiciones en que se produjo; *la Biotanatología*, que se refiere al estudio de los organismos o especies que se desarrollan o habitan en un cadáver y que son agentes causantes de transformaciones en el mismo y por último, tenemos a la *Embalsamología* que se encarga de estudiar todos los procedimientos que se utilizan en la conservación de cadáveres.

---

<sup>40</sup> GUTIÉRREZ CHÁVEZ, ÁNGEL. Manual de Ciencias Forenses y Criminalística. 2ª. Edición. Editorial Trillas. México, 2002. Pág. 78.

<sup>41</sup> NUEVO DICCIONARIO DE DERECHO PENAL. 2ª. Edición. Librería Malej, S. A. de C. V. México, 2004. Pág. 667.

<sup>42</sup> OSORIO Y NIETO, CÉSAR AUGUSTO. El Homicidio. 4ª. Edición. Editorial Porrúa. México, 1999. Pág. 286.

La Medicina Forense Tanatológica comprende dentro de su esfera de estudio dos diligencias de suma importancia en la investigación de un delito, ya que permiten, en muchos casos, que la investigación sea tan completa que se llegue a establecer las causas y condiciones específicas por las que se produjo la muerte de un sujeto; dichas diligencias son: a) El Levantamiento de Cadáver y, b) La Necropsia.

### **3.3.2.1. LEVANTAMIENTO DE CADÁVER.**

Cuando en la investigación de un hecho delictivo las autoridades se encuentran frente a un sujeto que ha perdido la vida y cuyo cadáver se ha encontrado ya sea en el lugar de los hechos o bien en un lugar diferente, deberán llevar a cabo la diligencia de levantamiento de cadáver, la cual es de suma importancia porque constituye una fuente de investigación extraordinaria que permitirá a los expertos reducir las líneas de investigación que los conducirán al esclarecimiento de un delito

Según la Ley General de Salud, en su artículo 314 fracción II señala que se entiende por cadáver

*“El cuerpo humano en el que se haya comprobado la pérdida de la vida”.*

Asimismo, en su artículo 347 establece que *los cadáveres se clasifican en: a) De personas conocidas y, b) De personas desconocidas.*

Los cadáveres no reclamados dentro de las setenta y dos horas posteriores a la pérdida de la vida y aquellos de los que se ignore su identidad serán considerados como de personas desconocidas.

En el lugar que ha servido como escenario para la comisión de un delito se pueden encontrar un sinnúmero de indicios que indiquen al investigador la ruta a seguir para llegar al esclarecimiento del mismo; como ya lo había señalado en párrafos anteriores, para llevar a cabo la recolección de indicios los expertos deberán tomar todas las medidas necesarias para la protección de los mismos; procedimiento que si bien es cierto requiere del mayor cuidado posible se convierte en algo doblemente cauteloso cuando en la escena el investigador se encuentra frente a un cadáver. En tales circunstancias, tanto los peritos como las autoridades investigadoras deberán dar intervención al médico forense que si bien es cierto deberá estar presente en el lugar de los hechos haya o no cadáver, cuando lo hay su participación es vital porque de él dependerá que la diligencia de levantamiento de cadáver sea exitosa ya que de ella depende en mucho el esclarecimiento de los hechos que se investigan.

El levantamiento de cadáver es un trabajo con fines judiciales que es llevado a cabo por el médico forense, cuya intervención tiene como principales objetivos; primero, el determinar si en el lugar de los hechos se ha encontrado solamente un lesionado o bien si efectivamente se trata de un cadáver; en éste ultimo caso el médico forense deberá inmediatamente establecer la hora del deceso y hacer un pequeño y rápido estudio para señalar si se trata de un homicidio, un suicidio, un accidente o bien si fueron causas naturales las que propiciaron la muerte del sujeto encontrado y por último tratar de dar a conocer la identidad del sujeto.

El médico forense para estar en posibilidad de establecer la hora aproximada en que el individuo dejó de existir deberá realizar su cronotanatodiagnóstico en el cual se deberán tomar en cuenta los signos tanatológicos tempranos y tardíos que se presenten en el cadáver.

Los signos tanatológicos tempranos son:

**Enfriamiento:** Característica que se debe a que al morir un individuo la producción de calor en su cuerpo se detiene. El médico forense podrá determinar el tiempo aproximado de muerte tomando en cuenta que la temperatura de un cuerpo desciende un grado por hora dentro de las primeras doce horas de ocurrido el deceso y medio grado por hora después de que han transcurrido las primeras doce horas.

**Deshidratación:** Este signo se presenta en el cadáver porque al morir un sujeto el cuerpo pierde por evaporación el agua que contiene, la pérdida de agua se refleja en el adelgazamiento del cuerpo y se presenta un hundimiento de los ojos, además se tornan más opacos y con arrugas en la córnea y aparece una línea oscura en el ecuador del ojo. Estos signos característicos de la deshidratación se presentan en el cadáver dentro de las primeras tres horas después de haber transcurrido la muerte.

**Rigidez y espasmo cadavérico:** La rigidez cadavérica se hace presente cuando los músculos del cuerpo se endurecen y se hacen rígidos; empieza por la cara una vez que han transcurrido las primeras tres horas después de que el individuo murió y se hace general; es decir, los músculos del cuerpo entero se

empiezan a endurecer y a entiesarse entre las primeras doce y quince horas de ocurrida la muerte; la rigidez cadavérica desaparece entre las veinticuatro y treinta y seis horas después de la muerte siguiendo el orden de aparición; esto es, empieza en el rostro y posteriormente en las demás áreas del cuerpo. Por cuanto hace al espasmo cadavérico, se refiere a que los músculos guardan la misma posición que habían adoptado en el momento en que el individuo murió.

**Livideces:** Son las manchas de color rojo que aparecen en la superficie de la piel del cadáver durante las primeras tres horas posteriores a la muerte.

Los signos tanatológicos tardíos son de dos tipos:

***Destructivos:*** Se refieren a la destrucción biológica del cadáver. Entre estos encontramos:

**Putrefacción Cadavérica:** Se refiere a la aparición de las bacterias que invaden de manera progresiva al cadáver; la manera de progresión nos permite distinguir tres periodos en la putrefacción cadavérica; el primer periodo denominado *cromático*, el cual adopta su nombre por el color verdoso que adquieren todos los órganos que componen el cuerpo. El segundo periodo de putrefacción es el llamado *enfisematoso*; durante este periodo aparecen en el cuerpo vesículas gaseosas; la aparición de dichas vesículas se da primeramente en los genitales y posteriormente en las demás partes del cuerpo; por último, el periodo denominado *reductivo*, el cual consiste en la desaparición prácticamente de todo el cadáver; es decir, el cuerpo durante este periodo atraviesa una etapa de descalcificación que provocará la pulverización del cadáver.

**Conservadores:** Esta clase de signos tanatológicos tardíos tienden (como su nombre lo indica) a conservar la forma del cadáver; entre ellos tenemos a la adipocira, la corificación, la momificación y la petrificación.

**Adipocira:** Es cuando la masa cadavérica se transforma en una sustancia blanquecina e insoluble semejante al jabón. Esto ocurre principalmente cuando el cadáver ha sido depositado en áreas húmedas.

**Corificación:** Es una forma incompleta de adipocira; se da cuando la piel que cubre el cadáver adopta un aspecto correoso.

**Momificación:** Es un proceso de conservación del cadáver que consiste en la deshidratación total; principalmente en climas áridos; el cadáver pierde gran parte de su peso y la piel adopta un aspecto papiráceo y tiende a adherirse al esqueleto.

**Petrificación:** Ocurre cuando el cadáver adquiere las características de la piedra.

Otros aspectos importantes que debe tomar en cuenta el médico forense en el levantamiento de cadáver, sobre todo para establecer una primera hipótesis sobre las causas que propiciaron la muerte son las siguientes:

- La posición en que fue encontrado el cadáver
- Buscar posibles traumatismos; en caso de que existan se deberá establecer el tipo de traumatismos de que se trata y la parte del cuerpo en donde se localizan.

Si el cadáver tuviera manchas, específicamente en la nariz y en la boca; sin dejar de lado las demás que pudiera tener, también se debe señalar la localización, las características y de ser posible, el tipo de manchas de que se trata.

Además, es necesario poner especial interés en si el cadáver presenta algún tipo de fibra, pelos u otros indicios que nos pudieran proporcionar un panorama más claro para la investigación. No hay que olvidar que esa fibra o ese pelo nos pueden ayudar a establecer la identidad del responsable del hecho delictuoso que se investiga.

Otro punto importante que el médico forense debe tener en cuenta y por ende que debe realizar, es un estudio de los lugares cercanos al espacio mismo en que se encontró el cadáver ya que según las condiciones en que se encuentre se podrá señalar con mayor claridad el escenario verdadero en que se dieron los hechos; por ejemplo, si el lugar se encuentra desordenado, se presume que hubo una lucha previa a la pérdida de la muerte; lo que indica que se está en el caso de un homicidio; la distancia que hay entre el objeto que causó la muerte (arma de fuego por ejemplo) y el cadáver, daría la señal de que se trata de un suicidio.

No obstante, las características antes referidas no resultan del todo fiables en virtud de que hay casos en los que el homicidio se disfraza de suicidio y en muchos de estos casos el delito queda impune debido a la pobreza con que se realizan las investigaciones; situación que desafortunadamente en nuestro país cada vez se hace más frecuente.

Por último, en la diligencia de levantamiento del cadáver se debe poner especial interés en el traslado de dicho cadáver.

Al momento de trasladar un cadáver al depósito debe ser protegido adecuadamente y el manejo que se le debe ser cuidadoso; es recomendable que el cadáver se proteja de manera íntegra con bolsas de plástico; sin embargo, en nuestro país desgraciadamente no se cuenta ni con la cultura para hacerlo y aun cuando se tuviera, no se cuenta con el presupuesto para la adquisición de sacos de plástico que permitan una protección completa del cadáver; lo que sí es posible es cubrir la cabeza del sujeto así como las extremidades tanto superiores como inferiores con bolsas de plástico a efecto de evitar que se pierdan indicios que se transportan con el cadáver.

Una vez que el cadáver ha llegado al depósito, el estudio que se le realiza deberá llevarse a cabo con mucho cuidado, el examen tendrá que hacerse desde la parte superior del cráneo hasta la punta de los pies; se le despojará de las ropas que porte y se realizará una fijación fotográfica de rostro, señas particulares y de las lesiones que presente, entre otras características que se consideren relevantes para la investigación. Se toman las medidas del cuerpo, longitud, perímetro torácico y perímetro abdominal; además deberá hacerse nuevamente la descripción del cadáver, sexo, edad aproximada, en caso que sea desconocido, cabello, cejas, nariz, etc., características que ya tendrían que haber quedado

señaladas previamente en el lugar en que fue encontrado. La temperatura es un detalle muy importante en el estudio de un cadáver, por lo que deberá tomarse; asimismo, deberán examinarse minuciosamente las manos para establecer si hay lesiones que indiquen forcejeo, lucha o defensa previas al deceso. Cabe señalar que en caso de que se este en presencia de un cadáver de persona desconocida, es necesario que se le tomen las huellas dactilares y muestras de cabello.

### **3.3.2.2. NECROPSIA**

Si bien es cierto esta no es una etapa propiamente de la diligencia de levantamiento de cadáver, también lo es que constituye un elemento fundamental para establecer las causas que propiciaron la muerte de un sujeto y por tanto colaborar con las autoridades al esclarecimiento de un delito.

La palabra necropsia proviene de las dos raíces griegas: *necros* que se refiere a la muerte y *oasis* que significa observar o mirar; en tal sentido, al referirnos a la necropsia nos estamos refiriendo al examen y apertura de un cadáver, llevado a cabo con el objeto de indagar y comprobar las causas que propiciaron el deceso de un sujeto, deceso que es de interés para las autoridades encargadas de impartir justicia.

Cabe señalar que a la necropsia también se le da el nombre de autopsia o bien el de tanatopsia siendo aceptado por el Derecho Positivo Mexicano el termino autopsia tal como se advierte de lo establecido en el artículo 230 del Código Federal de Procedimientos Penales el cual a la letra señala: *“La autopsia de los cadáveres de personas que hayan fallecido en un hospital público la*

*practicarán los médicos de éste; sin perjuicio de la facultad que concede la parte final del artículo anterior”.*

La práctica de la necropsia tiene como objetivo primordial determinar, por un lado, las causas que han ocasionado la muerte de un individuo así como colaborar a establecer la manera en que ocurrió dicha muerte; asimismo, ayuda a señalar el tiempo que ha transcurrido desde el momento en que se dio el fallecimiento hasta el momento en que fue encontrado el cadáver y por último, también será de gran utilidad para averiguar la identidad de aquél que ha dejado de existir.

Existen principalmente dos formas de necropsia, la necropsia denominada hospitalaria o clínica, que es aquella que se realiza dentro del ámbito hospitalario y cuando la causa de la muerte es secundaria a una enfermedad, siendo su principal objetivo encontrar la relación entre los síntomas y lesiones anatómicas elementos con los cuales se ratificara o bien se modificara el diagnóstico clínico y las causas que ocasionaron la muerte. Para la práctica de una necropsia clínica no se requiere de una orden judicial y por tanto no es obligatoria; cabe señalar que es necesario que este tipo de necropsia se realice lo más pronto posible después de que ha ocurrido la muerte y que se cuente con un historial clínico de la persona en cuestión para que se lleve a cabo la interpretación de lo hallado en el cadáver.

Otro tipo de necropsia es la llamada necropsia medicolegal, también denominada necropsia forense o judicial que es aquella en la que, para su práctica, debe mediar una orden judicial tal como lo establece el artículo 130 del citado Código Federal de Procedimientos Penales en el que se hace mención a que: *“El Ministerio Público expedirá las órdenes de autopsia e inhumación del*

*cadáver y el levantamiento de las actas de defunción respectivas, cuando apareciere que la muerte fue posiblemente originada por algún delito y las diligencias de policía judicial no estuvieren en estado de consignarse desde luego a los tribunales”*; asimismo cada uno de los Códigos Penales Estatales en toda la República Mexicana señalan lo conducente a este tipo de prácticas.

Para la realización de una necropsia medicolegal es necesario que exista de por medio una orden judicial lo que la convierte en una diligencia de carácter obligatorio (cuando para el esclarecimiento del delito así se requiera) además, a diferencia de la necropsia clínica en esta no se requiere de la existencia de un historial clínico previo ya que las causas que originaron la muerte se determinarán de acuerdo con lo encontrado en el cadáver al momento de realizarla, de lo que se advierte que al llevar a cabo la necropsia el objetivo principal es investigar las causas que propiciaron la muerte de un individuo y los medios con los cuales se ocasionó dicha muerte; esto sin dejar de mencionar la utilidad que su práctica representa para las autoridades encargadas de la investigación de un hecho delictivo ya que con ello el investigador podrá estar en posibilidad de determinar si la muerte se produjo por suicidio, accidente, muerte natural o bien si se trata de un homicidio, hacer una cronología de las lesiones que el cadáver pudiese tener y contar con elementos suficientes para poder realizar el cronotanatodiagnóstico.

El requerimiento para la práctica de una necropsia medicolegal principalmente se realiza cuando las autoridades se encuentran frente a un caso de muerte violenta; sin embargo, también en otros casos se requiere de esta diligencia, por ejemplo, en caso de que un individuo fallezca por muerte súbita o bien cuando el deceso ha ocurrido dentro de algún centro de readaptación social o prisión, sólo por mencionar algunos.

Al practicarse la necropsia medicolegal debe tomarse en cuenta una metodología y procedimientos adecuados al igual que como ocurre con cualquier otro procedimiento médico; no obstante, es necesario realizar algunos pasos previos al examen del cadáver propiamente dicho, siendo estos la fijación fotográfica del cadáver; la descripción y fijación de las ropas que porte; asimismo, deberán tomar muestras de todos los indicios que pudiesen ayudar al esclarecimiento de los hechos tales como cabellos, fibras, fragmentos de objetos extraños o pinturas; recordando que el cadáver es una fuente sumamente importante en la recolección de indicios; cabe señalar que para efectos de identificación del cadáver se requiere tomar fotografías del rostro.

Una vez que se han realizado los pasos antes descritos, el médico forense procederá a limpiar el cadáver y se comenzará con el examen externo del que se obtendrán entre otros datos la talla, peso, constitución, sexo, raza, señas particulares y datos tanatológicos que ayuden a establecer el cronotanatodiagnóstico. Todos estos datos se asentarán en un documento denominado Dictamen de Autopsia el cual contendrá además de los datos antes referidos, las causas que propiciaron la muerte del individuo basadas en los hallazgos obtenidos durante la necropsia.

Al terminar el examen externo del cadáver se iniciará con la apertura de todas y cada una de las cavidades del cuerpo humano con lo que se dará la pauta para el examen interno del cadáver; resaltando que al igual que toda exploración médica, tanto el examen externo como el interno del cadáver deberá llevarse a cabo con orden y metodología en virtud de lo cual los dos estudios que se realizarán al cadáver tendrán como punto de partida la cabeza concluyendo con los pies; a esta técnica se le denomina exploración cefalocaudal.

## **Procedimiento para la realización de la necropsia.**

En el examen interno del cadáver se iniciará con la apertura de la cavidad craneana para lo cual resulta necesario hacer una incisión y separación del cuero cabelludo, lo que dará la oportunidad de que con ayuda de una sierra de mano o una sierra eléctrica se corte la calota craneana y se extraiga el cerebro, cerebelo, protuberancia, bulbo raquídeo e hipófisis, de los cuales se realizará un estudio macroscópico y/o histopatológico.

Una vez que se ha terminado con la cabeza se realizara la apertura del cuello, tórax y abdomen, para lo cual se podrá hacer uso de cualquiera de las técnicas de incisión siguientes:

1. Técnica de Virchow, la cual se inicia a partir del borde inferior del maxilar inferior, siguiendo la cara anterior de la línea media del cuello, pasando por la horquilla esternal y que continúa por la línea media abdominal hasta el ombligo, al que se contornea por su lado izquierdo, retomando la línea media hasta llegar al pubis.
2. Incisión de Roussy-Ameville, la cual comienza al nivel del cartílago cricoides y continúa en la misma dirección que la de Virchow.
3. Incisión en "Y"; ésta técnica empieza a nivel de la apófisis mastoideas, siguiendo el borde anterior de los músculos esternocleidomastoideos y a nivel del esternón se unen y continúan por la línea media hasta el pubis.

4. Incisión en forma de “T”, la cual consiste en una línea horizontal que corre de hombro a hombro y una incisión en forma vertical que seguirá la línea media hasta el pubis, y
  
5. Incisión en “U”, este tipo de técnica recibe también el nombre de incisión estética, la cual consiste en dos incisiones verticales sobre la línea axilar anterior de cada lado y una horizontal que se extiende sobre el pubis, la cual se encorva en los extremos para lograr la unión con las dos verticales.

Hechas las incisiones, cualquiera que sea la técnica usada, se realizará la apertura del cadáver y se diseccionan los diferentes planos anatómicos y el examen de los mismos. Se hace la extracción de los órganos del cuello incluida la lengua y se localizaran extravasaciones sanguíneas, fracturas del hueso hioides o cartílago tiroideos, así como la presencia de cuerpos extraños.

Para la extracción de las vísceras toracoabdominales también pueden emplearse diversas técnicas: pueden ser extraídas en un solo bloque con la denominada técnica Letulle o bien se extrae órgano por órgano de acuerdo con la técnica de Virchow, y por último, puede ocurrir que se extraigan utilizando de manera conjunta las dos técnicas antes referidas, lo cual recibe el nombre de técnica de Rokitansky. Lo cierto es que independientemente de la técnica que sea usada, se deberá hacer un estudio macroscópico de todas y cada una de las vísceras del cuerpo de que se trate y, en caso de que así se requiera, deberán enviarse muestras de ellas al laboratorio para un estudio histopatológico o bien toxicológico.

De todos y cada uno de los estudios que se le realicen a los órganos que componen el cadáver el médico forense estará en posibilidades de proporcionar a la autoridad investigadora los elementos necesarios para establecer las causas que motivaron la muerte del individuo; en éste caso, la necropsia recibe el nombre de necropsia positiva; sin embargo, también existe la denominada necropsia negativa o necropsia blanca, que se presenta cuando aún con la práctica de la necropsia y de los estudios histopatológicos, toxicológicos y criminalísticos que se realicen al cadáver no resultan elementos que permitan conocer la causa o causas que propiciaron la muerte del sujeto.

### **3.3.3. MEDICINA FORENSE DEONTOLÓGICA.**

Abarca el estudio de las normas morales que deben regir el actuar del médico en el ejercicio de su profesión. “Lex Artis”.

“En nuestro país el ejercicio de la profesión médica se fundamenta en tres pilares básicos: a) El marco jurídico, b) La libre expresión del consentimiento del paciente y, c) la Lex Artis.”<sup>43</sup>

#### ***Marco Jurídico:***

La base fundamental de este aspecto lo constituye el derecho que toda persona tiene de recibir la atención médica adecuada y necesaria que permita su

---

<sup>43</sup> COTE ESTRADA, LILIA Y PAUL O. GARCÍA TORRES. La Práctica Médica y sus Controversias Jurídicas. Editora Científica Médica Latinoamericana, S. A. de C. V. México, 2002. Pág. 14.

buen desarrollo, derecho que se encuentra establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la cual en su artículo 4 párrafo tercero señala lo siguiente: *“Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general.”*

### ***Libre expresión del consentimiento del paciente:***

El médico en el ejercicio de su profesión se encuentra, de alguna manera, limitado en su actuar, en virtud de que no puede, de manera libre, llevar a cabo procedimientos médicos en un paciente o bien la aplicación de diversos tratamientos, aun cuando vayan encaminados a mejorar su salud, esto debido a que para hacerlo necesariamente se tiene que contar con la autorización expresa del enfermo o bien, cuando no pueda otorgarla, su representante o un miembro de su familia podrá hacerlo en su lugar. La autorización se otorga por escrito, en el que figure la firma de la persona que acepta la práctica de procedimientos médicos en un paciente.

### ***Lex Artis:*** (Ley del Arte):

Uno de los mayores dilemas del médico lo constituyen sus deberes hacia el paciente y hacia la sociedad; a lo largo de la historia, esos deberes se han planteado en términos altamente individualistas. Así, en el juramento hipocrático se promete hacer lo que se crea que beneficiara al enfermo; sin embargo, en relación a la salud de las personas, como derecho fundamental protegido, no se puede exigir y desde luego el médico no puede garantizar que la asistencia que se presta en el ámbito sanitario produzca los resultados que tanto el sujeto que la

presta (médico) como aquél que la recibe (paciente) esperan y sobre todo que sean satisfactorios para ambas partes; es decir, que en todo caso que se presenta se obtenga un resultado favorable para la vida y/o la salud.

La Medicina no es una ciencia exacta y de resultados, más bien se le considera como una ciencia de medios, lo que significa que el médico está obligado a emplear todos los medios a su alcance y toda su pericia profesional en cuanto al cuidado de la salud; sin embargo, estos profesionistas enfrentan un sinnúmero de sanciones derivados de la prestación de su servicio de manera inadecuada e insuficiente, sanciones que pueden ser de tipo administrativo, civil o bien, penales.

**A) Sanciones de Tipo Administrativo:** La Ley General de Salud, hace referencia a las sanciones administrativas a que se harán acreedores aquellos profesionistas que no cumplan de manera adecuada con el ejercicio de su profesión, entre las que tenemos los siguientes:

Artículo 417.- *Las sanciones administrativas podrán ser:*

- I. Amonestación con apercibimiento.*
- II. Multa.*
- III. Clausura temporal o definitiva, que podrá ser parcial o total, y*
- IV. Arresto hasta por treinta y seis horas.*

Artículo 418.- *Al imponer una sanción, la autoridad sanitaria fundará y motivará la resolución, tomando en cuenta:*

- I. Los daños que se hayan producido o puedan producirse en la salud de las personas;*
- II. La gravedad de la infracción;*
- III. Las condiciones socio-económicas del infractor, y*
- IV. La calidad de reincidente del infractor.*
- V. El beneficio obtenido por el infractor como resultado de la infracción.*

**B) Sanciones de Tipo Civil:** Contempladas en diversos artículos del Código Civil Federal, entre los que tenemos:

Artículo 1910.-

*El que obrando ilícitamente o contra las buenas costumbres cause daño a otro, está obligado a repararlo, a menos que demuestre que el daño se produjo como consecuencia de culpa o negligencia inexcusable de la víctima.*

Artículo 1915.-

*La reparación del daño debe consistir a elección del ofendido en el restablecimiento de la situación anterior, cuando ello sea posible, o en el pago de daños y perjuicios.*

*Cuando el daño se cause a las personas y produzca la muerte, incapacidad total permanente, parcial permanente, total temporal o parcial temporal, el grado de la reparación se determinará atendiendo a lo dispuesto por la Ley Federal del Trabajo. Para calcular la indemnización que corresponda se tomará como base el cuádruplo del salario mínimo diario más alto que esté en vigor en la región y se extenderá al número de días que para cada una de las incapacidades mencionadas señala la Ley Federal del Trabajo. En caso de muerte la indemnización corresponderá a los herederos de la víctima.*

*Los créditos por indemnización cuando la víctima fuere un asalariado son intransferibles y se cubrirán preferentemente en una sola exhibición, salvo convenio entre las partes.*

Artículo 1916.-

*Por daño moral se entiende la afectación que una persona sufre en sus sentimientos, afectos, creencias, decoro, honor, reputación, vida privada, configuración y aspecto físicos, o bien en la consideración que de sí misma tienen los demás. Se presumirá que hubo daño moral cuando se vulnere o menoscabe ilegítimamente la libertad o la integridad física o psíquica de las personas.*

*Cuando un hecho u omisión ilícitos produzcan un daño moral, el responsable del mismo tendrá la obligación de repararlo mediante una indemnización en dinero, con independencia de que se haya causado daño material, tanto en responsabilidad contractual como extracontractual. Igual obligación de reparar el daño moral tendrá quien incurra en responsabilidad objetiva conforme a los artículo 1913, así como el Estado y sus servidores públicos, conforme a los artículos 1927 y 1928, todos ellos del presente Código.*

*La acción de reparación no es transmisible a terceros por acto entre vivos y sólo pasa a los herederos de la víctima cuando ésta haya intentado la acción en vida.*

*El monto de la indemnización lo determinará el juez tomando en cuenta los derechos lesionados, el grado de responsabilidad, la situación económica del responsable, y la de la víctima, así como las demás circunstancias del caso.*

*Cuando el daño moral haya afectado a la víctima en su decoro, honor, reputación o consideración, el juez ordenará, a petición de ésta y con cargo al responsable, la publicación de un extracto de la sentencia que refleje adecuadamente la naturaleza y alcance de la misma, a través de los medios informativos que considere convenientes. En los casos en que el daño derive de un acto que haya tenido difusión en los medios informativos, el juez ordenará que los mismos den publicidad al extracto de la sentencia, con la misma relevancia que hubiere tenido la difusión original.*

*Estarán sujetos a la reparación del daño moral de acuerdo a lo establecido por este ordenamiento y, por lo tanto, las conductas descritas se considerarán como hechos ilícitos:*

- I. El que comunique a una o más personas la imputación que se hace a otra persona física o moral, de un hecho cierto o falso, determinado o indeterminado, que pueda causarle deshonra, descrédito, perjuicio, o exponerlo al desprecio de alguien;*
- II. El que impute a otro un hecho determinado y calificado como delito por la ley, si este hecho es falso, o es inocente la persona a quien se imputa;*
- III. El que presente denuncias o querellas calumniosas, entendiéndose por tales aquellas en que su autor imputa un delito a persona determinada, sabiendo que ésta es inocente o que aquél no se ha cometido, y*

- IV. *Al que ofenda el honor, ataque la vida privada o la imagen propia de una persona.*

**C) Sanciones de Tipo Penal:** El Código Penal Federal en diversos artículos establece algunas de las circunstancias en las que se puede ver involucrado un médico con motivo del ejercicio de su profesión, entre las que tenemos las señaladas en los artículos:

Artículo 228.-

*Los profesionistas, artistas o técnicos y sus auxiliares, serán responsables de los delitos que cometan en el ejercicio de su profesión, en los términos siguientes y sin perjuicio de las prevenciones contenidas en la Ley General de Salud o en otras normas sobre el ejercicio profesional, en su caso:*

- I. *Además de las sanciones fijadas para los delitos que resulten consumados, según sean dolosos o culposos, se les aplicará suspensión de un mes a dos años en el ejercicio de la profesión o definitiva en caso de reincidencia; y*
  
- II. *Estarán obligados a la reparación del daño por sus actos propios y por los de sus auxiliares, cuando éstos obren de acuerdo con las instrucciones de aquéllos.*

Artículo 229.-

*El artículo anterior se aplicará a los médicos que habiendo otorgado responsiva para hacerse cargo de la atención de un lesionado o enfermo, lo abandonen en su tratamiento sin causa justificada, y sin dar aviso inmediato a la autoridad correspondiente.*

Artículo 230.-

*Se impondrá prisión de tres meses a dos años, hasta cien días multas y suspensión de tres meses a un año a juicio del juzgador, a los directores, encargados o administradores de cualquier centro de salud, cuando incurran en alguno de los casos siguientes:*

- I. Impedir la salida de un paciente, cuando éste o sus familiares lo soliciten, aduciendo adeudos de cualquier índole;*
- II. Retener sin necesidad a un recién nacido, por los motivos a que se refiere la parte final de la fracción anterior;*
- III. Retardar o negar por cualquier motivo la entrega de un cadáver, excepto cuando se requiera orden de autoridad competente.*

*La misma sanción se impondrá a los encargados o administradores de agencias funerarias que retarden o nieguen indebidamente la entrega de un cadáver, e igualmente a los encargados, empleados o dependientes de una farmacia, que al surtir una receta sustituyan la medicina, específicamente recetada por otra que*

*cause daño o sea evidentemente inapropiada al padecimiento para el cual se prescribió.*

Por su parte, la Ley General de Salud también contempla diversas situaciones en las que puede verse involucrado un médico en el ejercicio de su profesión y que pueden ser constitutivas de delito; en ese tenor, se pueden citar los siguientes artículos del citado ordenamiento:

Artículo 459.-

*Al que por cualquier medio pretenda sacar o saque del territorio nacional sangre humana, sin permiso de la Secretaría de Salud, se le impondrá prisión de uno a diez años y multa por el equivalente de cien a quinientos días de salario mínimo general vigente en la zona económica de que se trate.*

*Si el responsable es un profesional, técnico auxiliar de las disciplinas para la salud, a la pena anterior se añadirá suspensión en el ejercicio de su profesión u oficio hasta por cuatro años.*

Artículo 460.-

*Al que saque o pretenda sacar del territorio nacional derivados de la sangre humana sin permiso de la Secretaría de Salud, se le impondrá prisión de uno a cinco años y multa por el equivalente de diez a ciento veinticinco días de salario mínimo general vigente en la zona económica de que se trate.*

*Si el responsable es un profesional, técnico o auxiliar de las disciplinas para la salud, a la pena anterior se añadirá suspensión en el ejercicio de su profesión u oficio hasta por cuatro años.*

Artículo 461.-

*Al que saque o pretenda sacar del territorio nacional, órganos, tejidos y sus componentes de seres humanos vivos o de cadáveres, sin permiso de la Secretaría de Salud, se le impondrá prisión de cuatro a quince años y multa por el equivalente de trescientos a setecientos días de salario mínimo general vigente en la zona económica de que se trate.*

*Si el responsable es un profesional, técnico o auxiliar de las disciplinas para la salud, a la pena anterior se añadirá suspensión en el ejercicio de su profesión u oficio hasta por siete años.*

Resulta importante señalar que el médico, además de las sanciones en que puede incurrir con motivo del ejercicio de su profesión, también puede encuadrar su conducta a otros tipos penales descritos en la ley, como son: Usurpación de Profesión, ilícito contemplado en el artículo 250 fracción II del Código Penal Federal, Falsificación y Uso de Documento Falso, previsto en el artículo 243 del citado Ordenamiento, etc.

### **3.3.4. MEDICINA FORENSE CLÍNICA.**

Comprende todos aquéllos sucesos relacionados con la atención médica proporcionada a un paciente, cuando se encuentra dentro de las instalaciones de una institución hospitalaria.

Dentro de la Medicina Forense Clínica, encontramos dos documentos que el médico debe formar derivado de la atención médica que se le presta a un paciente; dichos documentos son: la historia clínica y el expediente clínico.

El inicio de la historia clínica se da cuando al paciente se le realiza una entrevista para su admisión a un centro hospitalario y su contenido aumentará con respecto a los informes que emitan los médicos tratantes.

“Una historia clínica se considera completa cuando contiene suficiente información acerca de los acontecimientos que justifiquen el diagnóstico, el tratamiento y el resultado final. Las tres secciones principales de la historia son:

*a) Sección Sociológica:*

- Datos de Identificación.
- Informes de Servicio Social.

b) *Sección Médica:*

- Interrogatorio o anamnesis.
- Examen Físico.
- Resumen.
- Diagnósticos Tentativos.
- Diagnósticos Finales.
- Tratamiento Sugerido.
- Notas de evolución.
- Firma del examinador.
- Otros informes.

c) *Sección de Enfermería:*

- Cuadro Clínico.
- Anotaciones de la Enfermera.”<sup>44</sup>

En la Medicina Forense Clínica juega un papel muy importante la relación médico-paciente en virtud de que, al no haber una buena comunicación entre ambos, se da lugar a que el paciente esté descontento con el actuar del médico, situación que en algunos casos deriva en una queja o bien, a que se interponga una demanda ante las autoridades encargadas de impartir justicia.

Cuando la insatisfacción de un paciente o de sus familiares es tal que se hace del conocimiento de las instancias legales correspondientes, el médico se ve forzado a presentar ante la autoridad que conozca de los hechos toda la documentación con la que acredite la oportuna aplicación de sus conocimientos y técnicas encaminadas a preservar la salud del individuo al cual le prestó sus

---

<sup>44</sup> VARGAS ALVARADO, EDUARDO. Medicina Forense y Deontología Médica. Ciencias Forenses para Médicos y Abogados. Editorial Trillas. México, 1991. Págs. 853 y 854.

servicios; en virtud de lo cual, el documento idóneo para que el médico demuestre su actuar adecuado lo es el expediente clínico formado con motivo de la prestación de la atención médica.

El expediente clínico se considera como: “El conjunto de documentos escritos, gráficos e imagenológicos o de cualquier otra índole, en los cuales el personal de salud deberá hacer los registros, anotaciones y certificaciones correspondientes a su intervención, con arreglo a las disposiciones sanitarias.”<sup>45</sup>

En este sentido, el expediente clínico constituye un documento de inigualable valor probatorio en aquéllos casos en los que haya dudas respecto de la oportuna y adecuada prestación del servicio médico a un paciente, ya que de su estudio dependerá si se determina que su actuar, al prestar la atención médica, fue adecuado o no; esto en virtud de que dicho expediente comprende la historia clínica completa del paciente, la sección de enfermería, los resultados de laboratorio y de imagen, lo que permite valorar de manera completa la atención que se haya prestado.

Por ello, es necesario que el expediente se elabore de manera adecuada y llevando un cuidadoso control de todos y cada uno de los tratamientos y procedimientos médicos que se le realizaron a un paciente para que, en caso de que se presente una controversia derivado de la atención médica proporcionada, los peritos encargados del estudio del expediente dictaminen de manera adecuada y sin lugar a dudas sobre el correcto o incorrecto actuar del médico.

---

<sup>45</sup> Ídem. Pág. 65.

Cabe señalar que cuando el médico carece del expediente clínico de su paciente, estará imposibilitado para acreditar ante las autoridades correspondientes la adecuada atención médica que se le haya prestado a un individuo y por tanto estará expuesto a que se le tenga como responsable de la comisión de algún ilícito.

Ya que han sido señaladas las ciencias auxiliares de la Medicina Forense y de las ramas en las cuales se divide, se aprecia que su aplicación en el ámbito de impartición de justicia juega un papel muy importante, al respecto se puede hacer mención a lo señalado por el profesor “C. Simonin en su obra Medicina Legal Judicial cuando decía: Probablemente se comprenda más la importancia de la Medicina Legal si decimos que la justicia rige y adjudica a sus titulares los derechos del hombre y que a ese hombre en sus derechos le auxilia la Medicina Legal cuando su integridad, en algún sentido, está lesionada.”<sup>46</sup>

### **3.4. LA MEDICINA FORENSE Y LA INVESTIGACIÓN DELICTIVA.**

En una sociedad la Medicina por sí tiene un gran valor debido a que no se concibe el desarrollo del hombre sin esta ciencia; es imprescindible para velar por la salud; de igual manera, la sociedad no puede desarrollarse sin un conjunto de normas que rijan su desarrollo y velen por sus derechos así como por sus obligaciones.

---

<sup>46</sup> ACHAVAL, ALFREDO. Manual de Medicina Legal. Práctica Forense. 4ª Edición. Editorial Abeledo Perrot. Buenos Aires 1994. Pág. 15.

Siendo la Medicina Forense y el Derecho, cada una por su parte, tan importantes para el buen desarrollo de un grupo de personas, la Medicina Forense viene a convertirse en una conjugación de ambas creando así una ciencia cuya aportación en el desarrollo de la sociedad es de gran utilidad toda vez que tiene encomendada la tarea de resolver los problemas del hombre desde su existencia en el seno materno hasta momentos después de su muerte.

La Medicina Forense es la aplicación de los conocimientos y técnicas propias de la Medicina a los problemas que se presentan en el ámbito legal o bien aquéllos que se dan derivados de la actividad de los legisladores.

Como toda ciencia, la Medicina Forense también tiene un objeto, un fin y un método; esto es, la Medicina Forense para el estudio de la problemática que se le plantea utiliza como base tanto los conocimientos de la Medicina como los conocimientos jurídicos con lo cual le es posible el entendimiento de los problemas que se le presentan y el poder proporcionar una solución a los mismos; su finalidad es colaborar con los legisladores al momento de la creación de leyes y a la correcta aplicación de estas cuando ya han sido creadas; es decir, la Medicina Forense ayuda al legislador a crear normas que se adecuen a los casos que se dan dentro de una sociedad; o bien, lo ayuda a resolver o a llenar los vacíos que se presenten cuando la norma se aplique a un caso concreto y por último, el método utilizado por la Medicina Forense no es tan solo un conocimiento puramente biológico sino también implica el conocimiento social ya que si bien es cierto para el esclarecimiento de un hecho delictuoso es importante conocer la constitución biológica de un ser humano también lo es conocer su comportamiento ante determinadas situaciones.

La investigación de un delito implica una tarea ardua que deben llevar a cabo de manera conjunta las autoridades, los peritos y los médicos forenses, ya que cada uno, con la tarea que desempeñe contribuirá al esclarecimiento de los hechos.

Por un lado, la autoridad encargada de la investigación deberá allegarse de todos los recursos necesarios que le permitan llegar a la verdad histórica del suceso; a este respecto cabe señalar que las autoridades en la actualidad no cuentan con los conocimientos necesarios para llevar a cabo una investigación completa y satisfactoria de un delito incluso, hoy en día nos podemos encontrar con autoridades que no cuentan ni con los conocimientos básicos en la materia y por tanto no saben como conducirse ante determinadas circunstancias; por ello es necesario que actúen hasta en tanto sus posibilidades y conocimientos lo permitan; sobre todo para no entorpecer la investigación, asimismo es necesario que estén concientes de la necesidad de que se haga partícipes de la investigación a otros expertos como en el caso de los peritos en diversas materias, quienes a través de sus conocimientos y técnicas especializadas colaborarán con la investigación desentrañando los datos y elementos que en muchos casos las autoridades y otras personas no aprecian a simple vista; por último, merece una mención importante la intervención que la Medicina Forense a través del médico forense tiene en la investigación del hecho delictivo, en virtud de que es de gran utilidad entre otras cosas, en cuanto al lugar en que ocurrieron los hechos porque el médico forense por un lado, se encarga de la realización del certificado de lesiones el cual se puede realizar ya sea a la víctima del delito o bien al delincuente proporcionando con esto a la autoridad elementos de prueba que pueden ser determinantes para el resultado de la investigación y por el otro, es el encargado llevar a cabo, con la autorización y ayuda de las autoridades competentes, la diligencia denominada levantamiento de cadáver en los casos en que así se requiere, determina las causas de la muerte, el tiempo en que ocurrió y realiza las necropsias de ley.

El actuar del médico forense dentro de la investigación de un delito es muy amplio, como se ha señalado, el dictamen del médico forense influye en el juzgador para determinar si una persona es o no culpable del delito que se le imputa y por tanto si se le condena o se le deja en libertad; sin embargo, si en el dictamen que se elabora hay deficiencias o bien su labor no la realiza de la manera adecuada también él está expuesto a sanciones legales como la inhabilitación temporal, la pérdida de sus derechos para ejercer la profesión, incluso hasta llegar a la pérdida de su libertad.

Así, la colaboración de la Medicina Forense si bien es cierto es importante en el ámbito de impartición de justicia, también es cierto que la sociedad en general es la verdadera beneficiada por las aportaciones de esta ciencia en la investigación de delitos ya que, si las autoridades a través de la Medicina Forense y de todas las ramas del conocimiento que de ella se derivan llegan a la verdad de los hechos que han dado origen a un delito, se tendrá un mejor conocimiento del actuar de los sujetos que lo han cometido y se entenderán las causas que propician tales actos; por tanto se contará con las bases suficientes para lograr la prevención de los delitos y disminuir el índice de delincuencia actual.

### **3.5. LA MEDICINA FORENSE Y EL LUGAR DE LOS HECHOS.**

Se entiende por lugar de los hechos “El sitio donde se ha cometido un hecho que puede ser delito.”<sup>47</sup>

---

<sup>47</sup> MONTIEL SOSA, JUVENTINO. Criminalística 1. 2ª. Edición. Editorial Limusa, S. A. de C. V. México, 2008. Pág. 145.

Al respecto del lugar de los hechos es necesario establecer una distinción entre lo que se denomina lugar de los hechos y lugar del hallazgo, ya que en innumerables ocasiones se ha incurrido en error al referirse indistintamente a ellos.

Como ya se señaló, el lugar de los hechos es aquél espacio en el que ha tenido lugar la comisión de un delito; no así el lugar del hallazgo, ya que puede suceder que el ilícito se haya cometido en un lugar, como en el caso del homicidio y que el cadáver se encuentre en otro; a éste lugar en el que se encontró el cadáver se le denominará lugar del hallazgo.

El lugar del hecho puede ser de dos tipos: Lugar del hecho típico en el cual los indicios y demás evidencias de la comisión del delito se encuentran en el mismo sitio; en ese caso se estaría hablando de que el lugar de los hechos es el mismo que el lugar del hallazgo; ahora bien, el lugar del hecho atípico es aquél en el que los indicios y evidencias se encuentran en otro lugar distinto al de la escena del delito.

Parte fundamental dentro de la investigación de un hecho delictuoso lo constituye precisamente el lugar de los hechos, es a partir de él que se puede iniciar una exitosa investigación del caso de que se trate; por ello es de vital importancia que se tengan en cuenta algunas consideraciones básicas para su estudio:

Protección y Conservación del lugar de los hechos: Los primeros pasos a seguir en el estudio de un lugar de los hechos lo constituye la protección y

conservación del lugar; al hacerlo se persiguen dos objetivos; el primero de ellos es que se proteja la escena del delito para que no sufra variaciones con motivo de la intervención de personas ajenas al hecho y que todos los indicios que se encuentren ahí permanezcan en las mismas condiciones en que el sujeto activo los haya dejado y, por otro lado, se busca que al momento en que se lleve a cabo la reconstrucción de los hechos, se realice lo más apegada a la realidad posible y que los indicios encontrados sirvan de base para ello, lo que obviamente permitirá un mejor resultado en la investigación.

Para lograr una buena preservación y conservación del lugar en cuestión se requiere que la primera autoridad que llegue al lugar cuide de que nadie toque o mueva nada del mismo para evitar alteraciones; para ello resulta necesario que se acordone el área, cuyas dimensiones variarán dependiendo de si el hecho se cometió en un lugar cerrado o en un lugar abierto; a este respecto diversos autores señalan que lo ideal tratándose de lugares abiertos es que la zona se acordone en un radio de por lo menos 50 metros tomando como centro el lugar de los hechos y si el delito se llevó a cabo en un lugar cerrado lo ideal es que se mantengan bajo vigilancia todas las entradas, salidas y ventanas, esto con la finalidad de evitar que el delincuente escape en caso de que todavía se encontrara ahí y además impedir que personas ajenas a la investigación, como en el caso de los curiosos, penetren a la escena del delito y la modifiquen. Una vez que ha sido protegido y conservado el lugar de los hechos, se esperará la llegada de las autoridades competentes y de los peritos, quienes darán inicio a la segunda fase del estudio del lugar de los hechos, la observación.

Observación del lugar de los hechos: Esta fase es tarea propia de los peritos que acudan al lugar de los hechos a hacer las primeras investigaciones ya que para llevarla a cabo se requiere de conocimientos y técnicas que permitan hacer un examen completo, metódico y minucioso que ayude a identificar en el

lugar toda la evidencia e indicios posibles y sobre todo establecer la importancia que van a tener en el desarrollo de la investigación

Con la observación se busca comprobar la existencia del hecho delictuoso y encontrar la evidencia que ayude a la identificación del responsable de la comisión del delito y su grado de participación en el mismo es por ello que esta tarea debe realizarse con extremo cuidado para no pasar por alto ninguna circunstancia que sea relevante para el esclarecimiento de los hechos. Algunos métodos que se utilizan para la observación de la escena del delito son:

- *Por zonas:* Este método es usado específicamente en lugares cerrados, la observación empezará en el piso de la habitación que esté siendo examinada, posteriormente se examinarán las paredes y al último se dejará el estudio del techo, lo que permitirá que se encuentren todos los indicios que pudieran encontrarse en cualquiera de los muros que conforman la habitación.
- *En espiral:* Es otro de los métodos más usados por los peritos dentro de una investigación, la técnica que se aplica en ella hace posible que se pueda usar tanto en lugares cerrados como en lugares abiertos; la observación se inicia de la periferia al centro y del centro a la periferia, siempre haciendo un círculo.
- *En cuadrantes:* Método que se utiliza en espacios abiertos en los que en muchas ocasiones es dificultoso hacer un buen estudio del lugar de los hechos debido a las dimensiones que éstos representan; por ello éste método es muy empleado cuando los investigadores se encuentran ante tales circunstancias, con él es posible dividir el espacio en cuadros que

permitirán posteriormente el empleo de alguno de los otros métodos para la observación obteniendo resultados más favorables en la investigación.

La observación es una etapa en la que es imprescindible que el investigador tenga muy despiertos todos sus sentidos, principalmente el sentido de la vista toda vez que de ello depende que los indicios y evidencias que se encuentren en el área sean identificados y se determine su relación con los hechos; asimismo, el sentido del olfato, el tacto y el oído permiten al investigador completar el estudio de la escena para que la observación sea completa y los resultados sean satisfactorios.

Una vez que ha sido protegida y conservada la escena del delito y que se ha realizado la observación de la misma, el investigador deberá hacer la fijación.

Fijación: La fijación del lugar de los hechos es imprescindible para la investigación de un delito ya que consiste en el aseguramiento de todos los indicios que se hallaron en dicho lugar durante la etapa de observación, así como del lugar propiamente dicho; se hace con la finalidad de que se dejen asentadas físicamente a través de la fotografía forense, la descripción escrita o bien el dibujo forense, las condiciones reales en que fue encontrado dicho lugar al momento de que se tuvo conocimiento del mismo.

En esta etapa juegan un papel muy importante las técnicas que se empleen para dejar asentadas todas y cada una de las características del lugar de los hechos en el momento en que fue encontrado.

El investigador podrá hacer uso de la fotografía forense para dejar plasmado de manera permanente el lugar, lo ideal es que se tomen las fotografías antes de que cualquier persona entre al mismo, así se logrará fijarlo de manera fidedigna y sin que las alteraciones que haya podido sufrir sean significativas. Las fotografías que se tomen deberán abarcar diversos ángulos del lugar; asimismo se recomienda que se hagan tomando en cuenta vistas generales de la escena, vistas medias, acercamientos y grandes acercamientos de todo lo que se halle en el lugar, pero sobre todo, de los indicios que se consideren más importantes.

Por cuanto hace a la descripción escrita y al dibujo forense, estas dos técnicas en la mayoría de las ocasiones van de la mano, la descripción escrita es una narración precisa y detallada de cómo se encontró el lugar en el momento en que fue hallado y de todo lo que allí estaba; debe ir de lo general a lo particular, además su redacción, debido a la importancia que tiene, debe ser clara, lógica, concisa y precisa, lo que ayudara tanto a los investigadores como a las autoridades a obtener datos precisos de lo que pudo haber ocurrido en ese lugar.

La descripción podrá ir acompañada de una descripción gráfica a través del empleo de dibujos, siendo el dibujo forense otra de las técnicas empleadas para la fijación del lugar de lo hechos, que se puede realizar haciendo un croquis simple de lugar o bien utilizando una de las técnica más conocidas al respecto, el diagrama de Kenyeres; estas dos técnicas son empleadas en lugares cerrados y para la fijación de lugares abiertos se recomienda el uso de de planos con técnicas especiales como de ingeniería y topografía para lograr una mejor ubicación de la escena. El diagrama de Kenyeres o croquis de abatimiento consiste en abatir o derribar los muros de la habitación objeto de estudio, de manera que tanto las paredes como el techo queden en el mismo plano en que se encontrara el piso y una vez hecho esto dibujar en su sitio cada uno de los elementos que se encuentren en el lugar, muebles, manchas, armas, cadáver, etc.; además es imprescindible señalar los puntos cardinales y emplear

simbología que permita una fácil y rápida identificación de los elementos contenidos en el dibujo.

**Colección de indicios:** Cuarta etapa en el estudio del lugar de los hechos; una vez que se ha llevado a cabo un meticuloso examen y una selección precisa de todos los indicios que se encontraron en el lugar, se procede al levantamiento de los mismos empleando las técnicas adecuadas para ello, se embalan y etiquetan con todos los datos de su procedencia para que posteriormente sean enviados al laboratorio con el objeto de que se lleve a cabo un estudio preciso de los mismos.

**Suministro de Indicios al Laboratorio:** Última etapa en el estudio e investigación del lugar de los hechos, se refiere al envío de todos los indicios al laboratorio de Criminalística para que sean estudiados y se determinen sus verdaderas causas de procedencia; ya que no hay que olvidar que en la investigación de un hecho delictuoso la obviedad no es una circunstancia que el investigador deba tener en cuenta.

La solicitud del estudio de los indicios en el laboratorio de criminalística deberá siempre hacerse a través de un oficio que deberá ser firmado por la autoridad o funcionario competente para ello, tal es el caso del agente del ministerio público, el agente de la policía judicial o bien el perito designado para el caso

## **CAPITULO 4. LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA COMO AUXILIAR EN LA ENSEÑANZA DE LA INVESTIGACIÓN DE LA MEDICINA FORENSE.**

### **4.1. LA UTILIDAD PRÁCTICA DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN LA INVESTIGACIÓN DELICTIVA.**

La investigación delictiva es una tarea que deben desarrollar diversas personas, cada una en sus respectivas especialidades, como lo es la Medicina Forense, para llegar al esclarecimiento de un delito.

En la investigación delictiva hay determinados pasos a seguir para poder obtener un buen resultado, al investigar un delito se tiene que atender a diversas técnicas y estrategias que ayuden a no entorpecer dicha investigación.

Como se sabe, se requiere que el investigador se allegue de todos los elementos necesarios que le permitan establecer de forma aproximada, qué fue lo que ocurrió con motivo del ilícito que se investiga; es decir, de todos los indicios que le permitan formular una hipótesis de aquello que ocurrió en un lugar determinado y en un momento preciso; por ello resulta de gran importancia que la autoridad que conozca del caso cuente con los conocimientos necesarios para realizar aquello que la ley le exige para llegar al fondo en la comisión de un delito; sin embargo, también es muy importante que ésta permita que otros colaboradores se involucren en la investigación y que no entorpezca su trabajo; obviamente se hace referencia a la ingerencia que se le debe dar a los peritos en todas las materias que se requieran, dependiendo del caso concreto.

Si bien es cierto, actualmente en la investigación de un delito se pueden emplear diversas técnicas que permitan a las autoridades conocer la forma en que ocurrieron y determinar la culpabilidad de un sujeto, también lo es que hoy en día hay infinidad de casos que quedan sin una resolución adecuada; es decir, hoy por hoy el número de delitos que quedan impunes debido a una investigación carente de bases sólidas que permitan conocer la verdad histórica de los hechos ha ido en aumento; esto tal vez se deba a que, por una parte, dentro del sistema judicial de nuestro país hay personas que carecen de la formación necesaria para desempeñar determinados cargos.

Otra circunstancia es que, aunque haya personas capacitadas para desenvolverse adecuadamente dentro de la investigación de un delito, desgraciadamente no cuentan con los recursos necesarios para obtener material de trabajo preciso y suficiente para que tanto las autoridades que conocen del delito como los peritos, sean de la materia que sean, desarrollen su trabajo de manera eficaz y sobre todo, que la investigación que se realice sea tal, que su aportación a la investigación delictiva sea absoluta, con lo que la autoridad contará con las bases suficientes para determinar o no la culpabilidad del sujeto que se presume es responsable de la comisión del ilícito; sin embargo, no se puede pasar por alto que hay otros tantos casos en los que las investigaciones no se llevan a cabo de manera correcta debido a diversos factores como son: el número elevado de casos que se presentan día a día, lo que propicia una carga de trabajo excesiva, la falta de interés de las autoridades; pero sobre todo, la falta de preparación de los funcionarios encargados de impartir justicia, lo que trae como consecuencia que cada uno de los asuntos que son de su conocimiento se conviertan en uno más para las estadísticas y que el resultado que arrojen las investigaciones no tenga mayor trascendencia; esto es, que a la autoridad le dé lo mismo esclarecer un delito, que dejarlo impune.

Las causas enunciadas son las que dan origen a investigaciones delictivas inconclusas o bien investigaciones inadecuadas y dependen por un lado, de la falta de interés profesional que muestran algunas autoridades, lo que conlleva a que las investigaciones que se realizan no sean idóneas, por no contar con los elementos necesarios para llegar al esclarecimiento de un hecho delictivo; sin embargo, otra causa que con mayor frecuencia se encuentra entre las autoridades y los funcionarios encargados de la administración de justicia es la falta de preparación académica.

Ahora bien, si a esta situación se le agrega que hoy en día, las investigaciones que se llevan a cabo para el esclarecimiento de un delito son insuficientes debido a que no se cuenta con la tecnología adecuada que permita al investigador poner en práctica la hipótesis obtenida a través de todo el proceso de investigación y que de alguna manera esto limita la certeza que se tenga de aquello que se cree pudo haber ocurrido con motivo de la comisión de un ilícito; es decir, el investigador no cuenta con herramientas de trabajo que le permitan justificar su hipótesis y saber si la misma puede efectivamente ser llevada a cabo realmente y producir el resultado que se obtuvo con motivo de la comisión del delito o bien si su investigación no está llevada a cabo de manera correcta; siendo precisamente la tecnología de realidad virtual inmersiva la que permita al investigador lograr la recreación virtual de sus hipótesis.

Cuando se señala que la realidad virtual permitirá al investigador realizar adecuadamente su tarea, se hace referencia a que con ayuda de esta tecnología podrá, en principio, llevar a cabo un estudio adecuado del lugar en que ocurrieron los hechos y posteriormente, estará en posibilidad de poner en marcha sus hipótesis y verificar si las mismas en realidad pueden ejecutarse; se hace referencia a la recreación virtual que puede hacerse a través de una computadora y que contando con el software necesario harán posible que el delito, por decirlo de alguna forma, se repita pero ahora con la participación de los investigadores y

de las autoridades, los que podrán conocer las condiciones en que el ilícito que se investiga se produjo y así estar en posibilidad de resolver de manera eficaz el caso concreto.

Tal vez esta forma de investigación actualmente no tenga mayor significado para aquéllas personas que se desenvuelven dentro del ámbito de impartición de justicia ni para aquéllos estudiosos de la materia, porque de manera general no es un tema que se conozca muy a fondo, de él solamente se sabe que ha sido empleada en algunos casos aislados y que han sido de interés público; por lo que en México no ha obtenido el auge necesario pero ya ha sido aplicada y no únicamente en cuanto a impartición de justicia se refiere, sino que ha sido utilizada en diversas áreas del conocimiento como son la Psicología, Medicina, Arquitectura, Ingeniería, en el ámbito militar, sólo por mencionar algunos.

Con la ayuda de la realidad virtual, empleándola de una manera correcta y aprovechando todo lo que ofrece, el investigador de un delito podrá reforzar los planteamientos que se ha hecho con motivo de la investigación de campo que ha realizado.

En la actualidad contar con el equipo necesario para la creación de realidad virtual, implica una fuerte inversión debido al alto costo que representa la obtención de todos los elementos necesarios para crearla; gastos que algunos países no están en posibilidad de solventar; sin embargo, haciendo un comparativo entre costos y beneficios obtenidos del empleo de esta tecnología tanto en el ámbito de impartición de justicia como en otras áreas, como la educación, la Medicina, etc., bien valdría la pena la inversión.

## **4.2. LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA COMO MÉTODO DE ENSEÑANZA EN MEDICINA FORENSE.**

Actualmente el medio en el que el ser humano se desenvuelve, en menor o mayor grado, es un mundo electrónico. Está caracterizado por estructuras formadas que no componen una realidad directa pero son representaciones de un mundo real o construido. De esta manera, el ser humano muestra una fuerte inclinación hacia la comunicación y adquisición de experiencia desarrollada en el mundo; sin embargo, su participación se limita a la observación, lo que origina que dicha intervención se de en un estado puramente pasivo que impide que se desarrolle un proceso de pensamiento autónomo; mismo que solamente se da cuando la participación del sujeto de conocimiento es de manera activa.

Esa actitud pasiva de los sujetos se ve a diario dentro de las aulas de las escuelas sin importar el nivel educacional de que se trate; los alumnos dentro de las instituciones educativas en muchas ocasiones solamente se limitan a escuchar lo que sus profesores dicen, ya sea porque tienen la idea de que ellos solamente son los que pueden hablar dentro del salón de clases y los alumnos no son capaces de aportar ideas interesantes a la clase o bien porque el alumno está tan acostumbrado a escuchar solamente los conocimientos que el profesor le transmite que en muy pocas ocasiones se atreve a expresar sus ideas o sus inquietudes e incluso a plantear problemas y sus posibles soluciones.

Este sistema de enseñanza en el que el profesor habla y el alumno escucha la información es tradicional en los salones de clase porque el hecho de innovar en la manera de impartir clases significaría competir para reemplazar o alguna manera modificar las técnicas de enseñanza.

El alumno se ha considerado como una página en blanco en la que se puede escribir de manera libre; entendiendo el aprendizaje de una manera un tanto rústica; es decir, algunos profesores hasta hoy en día consideran que el mejor aprendizaje se obtiene cuando el alumno permanece en un estado pasivo dentro del salón de clases y escucha la cátedra que su profesor le imparte y si de alguna manera participa en la sesión será solamente anotando aquello que considera más relevante o bien aquello que el profesor considera que es lo más importante y que vale la pena tenerlo escrito en una libreta, también existen aquéllas clases en las que los alumnos ya adquieren una mayor participación dentro del aula, exponen sus ideas frente al profesor y frente a sus compañeros, ya no solamente se limitan a escuchar sino que también son capaces de reflexionar sobre un tema específico para posteriormente emitir su opinión e incluso plantear una solución cuando se trata de un problema.

Aún en las aulas a nivel licenciatura en cualquier área o ciencia, se pueden encontrar estos dos aspectos en la forma de impartir cátedra, situación que dentro de todo resulta favorable en la formación del estudiante; esto teniendo en cuenta que hay clases o materias en las que es necesario escuchar todos aquéllos conocimientos que los profesores puedan transmitir a los alumnos y otras tantas veces en las que es necesaria la participación de los estudiantes para enriquecer dichas clases. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que hay formas de tecnología que permiten a los alumnos reforzar los conocimientos teóricos adquiridos dentro del salón de clases, siendo las computadoras el instrumento idóneo para hacer posible que los estudiantes practiquen sus conocimientos y descubran que su aprendizaje es mejor si se practica lo aprendido.

Las computadoras dentro del proceso educacional pueden proporcionar, sin duda, un gran impulso al desarrollo del proceso de pensamiento, porque es claro que la experiencia que se obtenga, el conocimiento y las habilidades adquiridas con su uso, presuponen una participación activa de los sujetos en el

mundo en que se desenvuelven; esto es, poner en práctica los conocimientos hará posible un mejor nivel de aprendizaje para el alumno que, al estar frente a una situación en la que tenga que utilizar sus conocimientos y habilidades, se sienta capaz de enfrentarlo y dar solución a la problemática.

En la actualidad es común escuchar que se buscan nuevas opciones para ayudar al estudiante de todos los niveles educativos a desarrollar sus habilidades y conocimiento en un mundo que continuamente está cambiando y que además presenta un nivel de aprendizaje de su población en edad escolar muy pobre. Estas nuevas opciones que se buscan no sólo van dirigidas al estudiante sino también involucran teorías del proceso de aprendizaje y enseñanza al educador o maestro.

En este sentido, el medio en el que el estudiante se desenvuelve está investido de factores tecnológicos y sociales que de alguna manera influyen en todo su desarrollo.

En Pedagogía, el medio y el contexto didáctico es un parámetro importante que debe coexistir con los estudiantes y educadores, ya que es una fuente de estímulo para el aprendizaje, educación e instrucción, que comienza en la escuela para después ser aplicado en la vida real; siendo precisamente la realidad virtual inmersiva la que, en ese medio y en ese contexto permitirá que los estudiantes se desenvuelvan mejor dentro del mismo medio que se trata de conocer.

El proceso pedagógico a través de la realidad virtual inmersiva permite que el aprendizaje salga de las aulas y que los sujetos de conocimiento se vean

inmersos en lo que podría ser el mundo real, ya que se logra una experiencia sin límites de espacio-tiempo y espacio-objeto mientras se aprende; lo cual hace que la participación del alumno en el proceso de aprendizaje sea activa y porqué no, hasta con mayor conciencia de lo que esta haciendo.

La realidad virtual ayuda a la activación de la comunicación directa con el medio físico en virtud de que colabora a que se desarrolle más la capacidad de observación, memoria, asimilación, expresión e intervención de los estudiantes con el mundo físico y sobre todo y algo muy importante es que permite que el sujeto de conocimiento pueda combinar las causas con los efectos; es decir, permite que el estudiante pueda poner en práctica todos los conocimientos que ha adquirido en sesiones teóricas y saber los efectos que éstos producen al ser o no aplicados de manera correcta; lo cual se traduce en que el proceso de aprendizaje es aprender haciendo o dicho de otra manera, aprender es hacer.

Un sistema de realidad virtual muestra y explota los principios pedagógicos ya que el aprendizaje pasivo se transforma en una experiencia activa que es provista por el medio.

En el medio virtual la escala, la capacidad de información, la interacción y la respuesta, el tiempo y el grado de participación del usuario, pueden ser definidos o alterados.

Los medios de aprendizaje virtual permiten a los estudiantes ejercitar diferentes facetas de su mente, la cual no sólo es estimulada por la interacción simbólica con sistemas de computación ordinaria, sino que al mismo tiempo la

colaboración y la socialización de los estudiantes son desarrolladas con la participación de muchos usuarios en el mismo mundo virtual. Asimismo, la realidad virtual juega un papel muy importante en los principios substanciales de la educación, los cuales son: poder detectar un problema y tratar de darle solución.

La participación del usuario dentro del mundo virtual explota el proceso cognitivo, ya que los objetos virtuales cuentan con características propias, lo que hace que la máquina llegue a ser invisible y no limita al usuario para alcanzar la meta principal, aprender.

La realidad virtual inmersiva ayudará al alumno a desarrollar sus conocimientos teóricos y aplicarlos a situaciones reales dentro del sistema computarizado; podrá tener mayor contacto con el mundo práctico y por ende su formación será más completa; obviamente no se trata de menospreciar las cátedras teóricas que se imparten dentro de la licenciatura o dentro de cualquier nivel educativo, sino más bien se trata de comprobar que esos conocimientos teóricos que el profesor ha transmitido al alumno han sido perfectamente comprendidos por el estudiante, sobre todo a nivel licenciatura, lo que se traduce en que cuando salga al mundo de la práctica ya no sentirá la sensación de no saber como aplicar tal o cual conocimiento a un caso concreto, porque éste ya habrá sido aplicado previamente, con lo que se le dará mayor seguridad en el desarrollo de su labor como investigador y en general como profesionista.

El nivel de tecnología que se ha expuesto a lo largo de esta exposición, puede ser aplicado en cualquier nivel educacional, desde la educación básica hasta el nivel licenciatura; sin embargo, es de resaltarse la importancia que tiene en éste último caso, toda vez que al ser los estudios universitarios los que dan

las bases sobre las que se desenvolverá el futuro profesionalista y/o investigador, es necesario que además de una formación puramente teórica, se cuente con la capacidad de resolver casos prácticos, tal como se le presentarían durante su desarrollo laboral; permitiendo que con su aplicación se conozcan los efectos de aplicar determinada teoría y técnica de investigación.

Para tener un mejor panorama de lo que se quiere o se pretende lograr con la utilidad de la realidad virtual inmersiva dentro del ámbito educacional, se tomará como ejemplo la utilidad que dicha tecnología tiene al ser aplicada en la enseñanza de la Medicina Forense, sobre todo cuando ésta interviene en la investigación de hechos delictivos; asimismo, se sabe que ayuda a determinar las causas y la forma en que un sujeto dejó de existir de igual manera que colabora en determinar el tiempo en que ocurrió la muerte de dicho sujeto, elementos de incalculable importancia para las autoridades encargadas de la investigación de un delito.

Si bien el actuar del médico forense en el lugar de los hechos no es tan exhaustivo como aquél que realiza un perito criminalista, el médico forense, sí se involucra con todos aquéllos indicios que puedan ser encontrados en el lugar de los hechos, por lo cual necesita contar con la preparación necesaria para saber cómo conducirse al momento de desempeñar su labor en el lugar en que ha ocurrido un delito; sobre todo, para no alterar el lugar y por tanto, entorpecer la labor del criminalista; asimismo, deberá saber qué técnicas se deben emplear para el levantamiento del cadáver, en casos en que se cuente con uno, para no destruir indicios que pudiese tener la víctima en su propio cuerpo o bien causar alteraciones en el mismo; de igual manera deberá tener especial cuidado en observar las características que el cadáver presenta, para poder determinar el tiempo que ha transcurrido desde que ocurrió la muerte hasta el momento mismo en que dicho cuerpo fue encontrado.

En ese tenor, la utilidad de la realidad virtual inmersiva constituye una herramienta complementaria para la enseñanza de la Medicina Forense, ya que mientras en el aula de clases se explica determinado tema, por ejemplo, el levantamiento de cadáver, con la ayuda de una computadora el estudiante podrá poner en práctica todos los pasos que el médico forense lleva a cabo con motivo de dicha diligencia conociendo los resultados de la exacta aplicación de los conocimientos teóricos al caso concreto, asimismo conocerá los resultados cuando las técnicas explicadas en clase no se aplican de forma oportuna y adecuada.

Con la aplicación de la realidad virtual dentro de la Medicina Forense, se cumplirá con el objetivo que se buscaba al integrar al plan de estudios de la Licenciatura en Derecho dicha asignatura, el cual es que el alumno después de haber cursado la materia, sea capaz de explicar, analizar y clasificar los aspectos y áreas de la Ciencia Médica Forense y sistemas de identificación relacionadas con la aplicación del Derecho Penal; es decir, el alumno contará con los elementos necesarios que le permitan analizar todos los elementos que constituyan un caso concreto, podrá establecer sus propias hipótesis y tendrá la capacidad necesaria para analizar cuál es la mejor forma de resolverlos basándose en los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante el curso.

De esta manera, la utilidad de la realidad virtual inmersiva se convertirá en un elemento indispensable para que el futuro médico forense ponga en práctica sus conocimientos en un ambiente que ha sido recreado a través de una computadora y en el que él podrá participar de manera activa como si se tratará de una situación real en la que su participación contribuirá al esclarecimiento de un delito; con esto se logrará erradicar poco a poco ese problema que en líneas anteriores se había señalado como una de las causas que propician que la investigación de los delitos sea carente de bases sólidas para determinar la culpabilidad o no de un sujeto; esto es, la falta de preparación de los investigadores.

Por otra parte, es importante tener claro que el proceso que se requiere para erradicar las carencias existentes en el sistema de impartición de justicia implica un trabajo que en conjunto deberán desarrollar todos aquéllos que participan y que tengan el deseo de hacerlo en la administración de justicia; es decir, el cambio puede darse poco a poco y corresponderá tanto a las instituciones académicas encargadas de formar a los nuevos profesionistas y aún a éstos mismos, poner todo de su parte para lograr que la preparación académica sea la adecuada; este resultado se obtendrá permitiendo que los estudiantes además de contar con los conocimientos teóricos, cuenten con la posibilidad de ponerlos en práctica para que estén al nivel de las circunstancias que se les planteen día a día durante su práctica profesional; es decir, que durante su formación académica se les involucre con aquéllos acontecimientos con los que a diario se enfrenta el investigador al explorar la escena del delito o el lugar del hallazgo o al momento de reconstruir un hecho o bien, al desarrollar todas aquéllas diligencias que se realizan al investigar el delito; lo que se busca es que antes de que salgan al mundo laboral los alumnos refuercen sus conocimientos teóricos con técnicas avanzadas que permitan que su incursión en la práctica sea menos difícil que cuando solamente se cuenta con la teoría.

En este sentido, la realidad virtual inmersiva juega un papel muy importante dentro de la investigación de un delito ya que a través de una computadora que solamente requerirá contar con el software necesario, el estudiante podrá llevar a cabo investigaciones que le permitan plantearse una hipótesis más clara de aquello que pudo haber ocurrido en el lugar en que se ha cometido un delito y determinar si dicha hipótesis efectivamente puede ser ejecutada y si los resultados obtenidos con su ejecución son los mismos que se observan después de la comisión de un delito.

Al sentirse el investigador parte del ambiente virtual y una vez que se aísla por completo del mundo real, el objetivo se lograra, el usuario del ambiente

recreado podrá manejarse dentro de la aplicación como si se condujera dentro del escenario real y podrá desarrollar su labor de manera completa obteniendo mejores resultados que aquéllos que se obtendrían si solamente se quedará con las hipótesis volando en su mente.

Este nivel de tecnología de realidad virtual permite, por ejemplo, la reconstrucción de hechos de manera virtual a partir de una computadora; esta diligencia practicada por el Agente del Ministerio Público o bien por el Juez dentro de la investigación de un delito, como es bien sabido, tiene por objeto que las autoridades de alguna manera comprueben que el delito ocurrió de la manera y bajo las circunstancias en que, ya sea el sujeto pasivo, el activo o bien los testigos del delito han dicho que se consumó, siendo precisamente este objetivo el que se busca con la reconstrucción de hechos el que podría enriquecerse más, ya que con la aplicación de las técnicas de realidad virtual inmersiva, las autoridades directamente podrán realizar, con ayuda de una computadora, un mejor estudio y análisis de lugar de los hechos y así eliminar las dudas que le pudieran quedar respecto a lo declarado; el hecho de que en el sistema de administración de justicia se cuente con un software de realidad virtual permitirá que la impartición de justicia sea más eficaz.

El problema que actualmente enfrenta el uso de la realidad virtual inmersiva es tal vez que su costo es un tanto elevado, esto debido a que por la falta de auge en nuestro país hay tecnología que no es posible adquirir si no se tienen los medios económicos suficientes ya que muchos de los elementos necesarios para la creación de realidad virtual se tienen que obtener en otros países, situación que eleva su costo; sin embargo, no es necesario contar con un laboratorio que esté equipado con tecnología de punta, pero sí con máquinas que sean adecuadas para que, contando con los programas necesarios y con personas que sean capaces de crear los ambientes virtuales, para que poco a poco vaya aumentando su utilización en el país y que en determinado momento,

los peritos adscritos a las Procuradurías cuenten con su propio laboratorio de realidad virtual y puedan realizar sus investigaciones con ayuda de ésta tecnología.

#### **4.3. LA UTILIDAD PRÁCTICA DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN LA ENSEÑANZA DE PREGRADO EN LA CARRERA DE DERECHO.**

La tecnología en nuestra vida ha adquirido un papel muy importante para nuestro desarrollo, incluso hacemos uso de ella y la disfrutamos de tal manera que todos *“queremos estar al grito de la moda”* en cualquier aparato con que contemos, desde un teléfono celular hasta reproductores de música; no nos sentimos a gusto si no podemos mostrar un aparato que cuente con lo más sofisticado que hay en el mercado; otro ejemplo muy claro lo tenemos con algo que día a día es parte de nuestra vida, el Internet, el cual nos provee de medios para reunirnos con diferentes personas en el mismo espacio virtual; en este sentido, Internet tiende a ser un mecanismo de telepresencia, brindándonos espacios o realidades que físicamente no existen pero que sin embargo forman parte de nuestra vida; si la tecnología es algo que forma parte de nuestras vidas y es algo de lo cual gozamos y no queremos quedarnos rezagados en cuanto a ella, porqué evitar que su participación a nivel educativo se dé, sin importar el área de conocimiento.

Hoy en día se han comenzado a intuir las enormes posibilidades de la aplicación de la realidad virtual en el ámbito educativo; de hecho, la educación constituye actualmente uno de los ámbitos más prometedores para el diseño y aplicación de la realidad virtual, fundamentalmente gracias a la capacidad de introducir al alumno en entornos inmersivos y multisensoriales (vista, tacto, oído), en los que los estudiantes puedan interactuar con un ambiente artificial que estimule su proceso de aprendizaje.

En este sentido, la Universidad Nacional Autónoma de México, ha abierto las puertas de Ixtli, un laboratorio en el que se pueden visualizar y simular objetos en tercera dimensión.

Este tipo de tecnología permite que los estudiantes de las diferentes licenciaturas tengan un mayor contacto con ambientes en los que, por determinadas circunstancias, no es posible estar físicamente.

La importancia que la aplicación de la realidad virtual adquiere en la formación de los estudiantes de la Licenciatura en Derecho radica en que permite que el alumno no sea solamente un profesional que al conocer de un hecho que se comete de manera reiterada, solamente realice las diligencias básicas y archive el asunto, sino que independientemente de la conducta de que se trate, el profesional realice una investigación más completa de los hechos que son de su conocimiento, teniendo siempre la intención de llegar al esclarecimiento de los mismos, convirtiéndose en un profesional más completo, ya que además de sus conocimientos jurídicos contará con la aptitud para ser un buen investigador.

## **IXTLI**

“Palabra náhuatl que se refiere a la visión, fue el nombre con el que se designó al laboratorio de realidad virtual con que cuenta la Universidad Nacional Autónoma de México.”<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> <http://bine.org.mx/node/826>

Se trata de un laboratorio puesto en funcionamiento a partir del tres de marzo de dos mil siete, para desarrollar trabajos de realidad virtual tridimensional con inmersión en el espacio, donde se aplica tecnología de vanguardia adaptada y desarrollada a través de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA).

“Este complejo tecnológico es un lugar de encuentro multidisciplinario e innovador al servicio de la investigación y la enseñanza. Permite a investigadores y profesores estudiar, simular, diseñar e investigar objetos reales o abstractos, fenómenos físicos, espacios en fase de concepción e imágenes complejas en tercera dimensión.”<sup>49</sup>

“Por sus características, este laboratorio es único en su tipo en América Latina. En México, PEMEX y la Universidad de Colima tienen laboratorios de realidad virtual, sólo que con otras características.

Entre los centros de realidad virtual parecidos por sus características a Ixtli, por citar algunos, podemos mencionar dos en Estados Unidos, uno en Boulder, Colorado y el otro, The Visualization Portal, en la Universidad de California, en los Ángeles.

La mayoría de los sitios de realidad virtual inmersiva de gran escala, se encuentran principalmente en tres áreas: compañías petroleras, (se utilizan fundamentalmente para la exploración del subsuelo); en la industria

---

<sup>49</sup> <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/Marzo/ixtli.htm>

automovilística, (se realizan pruebas y experimentos con diversos tipos de diseño); y en algunos ejércitos (se efectúan simulaciones de combate y experimentos con diversos dispositivos y entrenamientos).

Ixtli fue diseñado e integrado por universitarios comprometidos plenamente con la UNAM, en un tiempo excepcional de seis meses de construcción, entre la obra civil, la adquisición y selección de equipo, diseño de las instalaciones y puesta en marcha del equipo, incluyendo la puesta en operación de los proyectos de investigación demostrativos del funcionamiento de la sala.

La instalación de los componentes electrónicos y la programación de los equipos estuvo a cargo de Fakespace, compañía especializada en la construcción de ambientes de realidad virtual, que trabajo en estrecha colaboración con personal de los departamentos de visualización y realidad virtual de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico para la puesta en marcha del observatorio.

Por sus características, Ixtli está enfocado en brindar apoyo a la investigación y docencia, usando la imagen digital para las distintas actividades académicas; es decir, se han desarrollado aplicaciones para que tanto las ciencias, como las humanidades y las artes puedan hacer uso de ella, cubriendo con ello el amplio espectro de todas las disciplinas.

Asimismo, la Universidad Nacional Autónoma de México se ha preocupado porque este nuevo medio tecnológico no sólo sea utilizado eficazmente para la investigación, sino también para la docencia; por ello, el primero de marzo del año

dos mil siete, se emitió una convocatoria para invitar a investigadores y profesores universitarios a incorporar la realidad virtual a su actividad; de manera adicional, se han propuesto una serie de acciones de difusión en donde la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA), en coordinación con la Dirección General de Divulgación de la Ciencia y el Museo Universum de la U. N. A. M., puedan crear modelos específicos de productos y actividades con un espectro de difusión a nivel masivo para incitar a la construcción y conocimiento de esta infraestructura.”<sup>50</sup>

Se puede decir que los usos principales de Ixtli son:

- La simulación de fenómenos científicos.
- Visualización inmersiva y estudio visual de datos.
- La observación de modelos complejos.
- Realización de recorridos a través de edificios históricos o en etapa de diseño y creación.
- Combinación de visualización en tiempo real con el sistema de Internet 2.
- Colaboración a distancia en realidad virtual y,
- Visualización científica.

---

<sup>50</sup> Ídem.

En este sentido, los ambientes virtuales inmersivos son espacios tridimensionales, reales o imaginarios que han sido generados por una computadora con los que el usuario puede interactuar y que le producen la sensación de estar dentro de un ambiente o lugar; la sensación de presencia se genera cuando se integran varios elementos como son una rápida generación de varias imágenes de alta calidad por segundo, desplegadas en un área que cubra un amplio grado de campo de visión del usuario y que resultan cuando el usuario interactúa al moverse o modificar el espacio o sonido espacial relacionado con el ambiente al que se le da vida. Para que la interacción entre estos ambientes sea de la forma más natural posible se recurre al uso de dispositivos especiales que permiten una manipulación natural con el ambiente, como pueden ser el uso de guantes, sistemas de rastreo de movimiento o interfaces de entrada muy específicos, específicamente vinculados con el ambiente en que se trabaja.

Una de las ventajas de utilizar ambiente virtuales inmersivos es poder acceder a espacios inaccesibles o bien que significan un riesgo y poder modificar los eventos que allí ocurren; otra son las sensaciones que se producen con el sonido espacial y la retroalimentación táctil, los mayores detalles al visualizar y la escala a la que se proyectan los ambientes; sensaciones que dependerán de la aplicación que se le desee dar a los ambientes virtuales inmersivos.

De manera general, un ambiente virtual es una simulación por computadora que proporciona información a uno o varios de nuestros sentidos: visión, sonido, tacto, etc., con el propósito de que la persona que hace uso de él se sienta inmerso en un mundo que reacciona ante sus acciones.

Actualmente la realidad virtual inmersiva es un área multidisciplinaria que promete un amplio espectro de aplicación; también posee características que la

convierten en una herramienta ideal para la simulación de situaciones que significan algún riesgo ya sea para las personas o equipos. Es un área tecnológica que si bien ya se aplica, se encuentra en la etapa inicial de su desarrollo y su utilización, podría ser muy ventajosa a corto y largo plazo, como se señaló, el equipo de realidad virtual es aún muy costoso, pero si se incrementa su utilidad el costo tendrá que disminuir debido a la demanda que este sistema tendría, pese a esto, la realidad virtual tiene aplicación en muy diversas áreas del conocimiento y en diversos sectores: educativo, de salud, electrónico, arquitectura, las artes, la psicología, etc.

En Química por ejemplo, la realidad virtual inmersiva se utiliza para el modelado y visualización tridimensional de estructuras moleculares que facilita al estudiante el conocimiento de las mismas; en Biología el estudio del desarrollo embrionario se ha visto enriquecido con las aportaciones tecnológicas de la biología molecular y el manejo computarizado de imágenes en tres dimensiones; incluso en la simulación de fenómenos atmosféricos ha tenido gran éxito el uso de la realidad virtual.

La realidad virtual da la oportunidad de experimentar procesos y fenómenos en formas totalmente novedosas; para los investigadores ésta tecnología permite manipular modelos construidos por computadora que les permite una mejor comprensión y entendimiento de aquello que estudian.

Como se puede apreciar, la utilidad de la realidad virtual inmersiva ha invadido diversas áreas del conocimiento; en ese tenor, el ámbito jurídico es un sector que no puede prescindir del uso de ésta tecnología, que será de gran utilidad para que las investigaciones que se realicen en diferentes áreas del derecho tengan bases sólidas y que las autoridades o los investigadores cuenten

con los elementos necesarios para poder resolver de manera eficaz cualquier caso que se les plantee.

La utilidad de la realidad virtual inmersiva, servirá de entrenamiento para que el estudiante de Derecho ponga en práctica todos los conocimientos adquiridos en su salón de clases y sobre todo en las diferentes áreas que componen el mundo jurídico, ya sea Derecho Penal, Laboral, Civil, Familiar, Ecológico, etc.

En todas estas áreas que el estudiante conoce a través de su formación como Licenciado en Derecho se hace uso de técnicas o pasos que permitan realizar una buena investigación dependiendo el caso de que se trate.

Los profesores al impartir sus cátedras transmiten al estudiante todos sus conocimientos, algunas veces solamente teóricos, otras prácticos, y en el mejor de los casos hay una conjunción entre estos dos, lo que hace que el alumno al escuchar al profesor contar anécdotas propias de su ejercicio como profesionista se planteen situaciones que desea saber si se pueden dar o no en la vida práctica o bien cuando el profesor hace referencia a los pasos a seguir que un perito realiza dentro de la investigación de un delito, el alumno solamente se limita a anotarlos, pero no sabe que la mejor forma de aprender es poner en práctica esos pasos y que cuando llegue el día de la evaluación no será necesario leer y leer hasta memorizar dichos pasos o técnicas que el perito sigue, sino que en virtud de que él ya los llevó a cabo, quedarán más frescos en su mente que con la simple lectura de sus notas.

Poner en práctica sus conocimientos permitirá al estudiante de la Licenciatura en Derecho adquirir mayor práctica antes de concluir con sus estudios y no llegará a ser, si así lo desea, una autoridad que no sabe ni siquiera cuándo solicitar la participación de un perito criminalista o de un psicólogo para la integración de una averiguación previa, por citar sólo un ejemplo.

Al hacer uso de la realidad virtual inmersiva en la enseñanza de cualquier materia dentro de la licenciatura en Derecho dará la pauta para que el estudiante realmente se acerque al mundo que afuera de las aulas le espera el cual, como ya se sabe, muchas veces no resulta ser lo ideal que esperaba el alumno antes de concluir sus estudios, sino que más bien resulta un juego en el que si no se sabe la forma en como conducirse a través de él, se corre el riesgo de perder y no solamente en el ámbito laboral, sino hasta en el sentido personal, ya que un abogado que sabe como enfrentar los retos que se le plantean en la vida profesional se sentirá bien consigo mismo y con la sociedad con la cual está obligado por virtud de la profesión que escogió; sin embargo, si se habla de un abogado que por no contar con los conocimientos necesarios pierde casos o bien no sabe como conducirse ante determinadas situaciones, se sentirá defraudado de él mismo y defraudará a la sociedad.

De esta manera, la realidad virtual inmersiva constituye una herramienta complementaria para la enseñanza, lo que se traduce en una experiencia didáctica muy enriquecedora que le permite a los estudiantes sentirse inmersos en el ambiente que el profesor expone en clase, con lo que se logra una comprensión integral de la materia que se estudia.

## CONCLUSIONES

**A)** La realidad virtual es un ambiente creado por computadora en el que los usuarios pueden interactuar con todos los elementos que lo componen como si se tratara del mundo que les rodea; sin embargo, el ambiente recreado sí puede ser modificado a través de dispositivos de entrada. Para que un sistema de realidad virtual cumpla con su objetivo de hacer que el usuario se sienta inmerso en él y lo perciba como si se encontrara dentro de un entorno real, es necesario que cuente con las características de **interactividad, inmersión y tridimensionalidad**.

**B)** Existen dos tipos de realidad virtual, la inmersiva y la no inmersiva, la diferencia entre estas dos consiste principalmente en el grado de sensación que se produce en el usuario al estar navegando dentro del ambiente recreado.

Las herramientas básicas que se emplean para lograr la inmersión dentro del sistema de realidad virtual son principalmente el software, el cual se refiere a los programas y procedimientos que permiten la creación del ambiente virtual y, el hardware, que son todos los componentes que hacen posible que el usuario experimente la inmersión en el sistema.

**C)** Al estar dentro de un sistema de realidad virtual el usuario puede experimentar diferentes niveles de inmersión los cuales dependerán de la participación que tengan cada uno de los sentidos de la persona al estar navegando dentro del sistema; es decir, para que el usuario sienta, al estar navegando dentro del sistema de realidad virtual, que está interactuando con el ambiente de un manera muy parecida a la realidad, es necesario que se involucren todos sus sentidos; la

vista, la cual le permitirá percibir todo aquello que forma parte del ambiente virtual, como los objetos, los colores, etc., el oído, el cual hará posible que se escuchen todos los sonidos que acompañan al ambiente, como el sonido que se produce cuando se rompe un vidrio, el canto de los pájaros y el tacto, sin el cual la sensación de realidad no sería completa, toda vez que al sujetar un objeto, el usuario podrá sentir por ejemplo, su textura, lo que le inyecta mayor realidad al sistema.

**D)** En la actualidad, la aplicación de la realidad virtual se da en diversas áreas, no obstante, el nivel de su aplicación no es el que se espera; aún se encuentra en estudio la forma de sacarle más provecho a esta tecnología. Su aplicación principal y, de alguna manera, la más reconocida se encuentra en los videojuegos, aunque áreas como la Medicina, Arquitectura, Ingeniería, etc., ya cuentan con aplicaciones de muy buena calidad que han servido para mejorar el desempeño de sus tareas.

**E)** La Medicina Forense, es la rama de la Medicina que emplea sus conocimientos para colaborar con la administración de justicia en la investigación de hechos delictivos ayudando a las autoridades a entender aspectos biológicos de los sujetos involucrados en el hecho, lo que permitirá que se conozcan aspectos relevantes de la investigación y que su resolución sea la más apropiada.

**F)** Para que la labor que desempeña el médico forense dentro de la investigación de un delito sea eficaz y que cumpla con el objetivo de ayudar a la impartición de justicia, es necesario que cuente con la ayuda de otras ciencias que le faciliten el conocimiento de las causas que dieron lugar al hecho delictivo, ciencias como lo son: el Derecho, Anatomía, Histología, Embriología, Química, Criminología, Criminalística, Psicología, solo por mencionar algunas.

**G)** La Medicina Forense y el Derecho tienen en común ser indispensables en la vida y el desarrollo de las personas, lo que hace posible que al combinar los conocimientos de cada una, sean útiles para la investigación de un delito, ya que por un lado la Medicina Forense, en conjunto con las ciencias auxiliares, se encarga del estudio de todo aquello que tenga que ver con los sujetos activos o pasivos que forman parte de la comisión de un delito, por su parte el Derecho, con ayuda de todos los medios probatorios que resulten de la labor de investigación, se encargará de determinar si la persona señalada como responsable de la comisión de un ilícito efectivamente fue quien lo cometió y se encargará de imponer las sanciones respectivas.

**H)** La Medicina Forense, para cumplir con su objetivo de colaborar con las autoridades encargadas de la impartición de justicia, se clasifica en cuatro ramas que le proporcionan un mayor campo de estudio y por ende una mayor participación en la investigación de delitos; estas ramas son: Medicina Forense Tanatológica, Medicina Forense Traumatológica, Medicina Forense Deontológica y por último, la Medicina Forense Clínica.

**I)** En el lugar de los hechos o bien en lugar del hallazgo, el actuar del médico forense es de gran relevancia, toda vez que en caso de que se encuentre un cuerpo, él será quien determinará si se trata solamente de un lesionado o bien si se está en presencia de un cadáver, caso en el cual deberá de manera inmediata establecer la hora del deceso y hacer un estudio simple a efecto de establecer si se trata de un homicidio, un accidente o bien si el deceso se dio por causas naturales y por último, tratar de dar a conocer la identidad del sujeto.

**J)** Por la importancia que representa el contar con personal preparado que colabore en la investigación de hechos delictivos y por la falta de preparación de

las autoridades que hoy en día se encargan de la procuración e impartición de justicia en nuestro país, es necesario que la capacitación de los futuros investigadores se lleve a cabo desde el aula de clases, pero no solamente con el conocimiento teórico, sino que es de suma importancia que esos conocimientos adquiridos se lleven a la práctica antes de que el profesionista salga al mundo laboral y no sepa como conducirse cuando se le presenta una situación en concreto.

**K)** Las computadoras dentro del proceso educacional pueden proporcionar un impulso significativo en el desarrollo del proceso de pensamiento, porque es claro que al poner en práctica sus conocimientos con ayuda de una máquina, se propiciará la participación activa de los sujetos en el mundo en el que se desenvuelven y el nivel de aprendizaje obtenido estará muy por encima de aquél que solamente se adquiere a través de la teoría.

**L)** La participación del usuario dentro del mundo virtual explota el proceso cognitivo, toda vez que los objetos virtuales cuentan con características propias, lo que hace que la máquina llegue a ser invisible y no limita al usuario para alcanzar su meta principal que es aprender.

**M)** El laboratorio de realidad virtual Ixtli, desarrollado y adaptado por la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico de la U. N. A. M., representa el avance que ha tenido nuestro país respecto a la aplicación de tecnología en el ámbito de la enseñanza, ya que dicho laboratorio constituye un espacio que va a la vanguardia en el desarrollo de nuevas formas de tecnología que permiten tener un mejor nivel académico y por ende mejor perspectiva para el desarrollo de México.

**N)** La Realidad Virtual adquiere la categoría de auxiliar de la Medicina Forense, toda vez que le permite llevar a cabo una investigación más completa en el lugar en que se ha materializado un delito. Así, tenemos que la realidad virtual colabora con la Medicina Forense al igual que las ciencias auxiliares, cada una en su respectiva área, a obtener mejores resultados en la ardua labor de investigación que se requiere para llegar al esclarecimiento del hecho que se investiga.

## PROPUESTA

El objetivo del presente trabajo de investigación lo constituye el colaborar con la formación académica de los nuevos profesionistas en cuyas manos se encontrará el futuro de la procuración e impartición de justicia en nuestro país. Si bien es cierto, el conocimiento adquirido dentro de un aula de clases es basto para la formación de profesionistas capacitados en determinada área del saber, también lo es que si ese conocimiento no se pone en práctica, resulta obsoleto. El empleo de dichos conocimientos, hasta hoy en día, se lleva a cabo una vez que el estudiante abandona las aulas de clases, saliendo al mundo laboral solamente con los conocimientos obtenidos a través de los libros y de las cátedras que sus profesores les imparten; sin embargo, es necesario que el estudiante ponga en práctica sus conocimientos antes de incursionar en el ámbito laboral, ya que los casos que se presentan día a día demandan, por la naturaleza en la que se presentan, mayor conocimiento por parte del investigador.

Al terminar la licenciatura, es necesario que el estudiante cuente con las bases suficientes que le permitan ser competitivo en el desarrollo de su profesión, que esté a la altura de las circunstancias que se le puedan plantear, situación que no se logra si previamente no ha puesto en práctica sus conocimientos teóricos; por ello resulta de gran importancia que se cuente con herramientas que colaboren en la obtención de un mejor conocimiento y sobre todo, que el sujeto que aprende pueda hacerlo sin que su actuar tenga consecuencias importantes. En este sentido, la realidad virtual sería la herramienta que permita que el aprendizaje sea más eficaz o bien que sea más completo.

Con el estudio de la Medicina Forense se busca que el alumno sea capaz de explicar, analizar y clasificar los aspectos y áreas de la Ciencia Médica

Forense y sistemas de identificación relacionadas con la aplicación del Derecho Penal; sin embargo, la Medicina Forense es un área cuyo conocimiento no se limita solamente a la observación, sino que necesariamente se debe entrar en contacto con todo aquello que implica el estudiar ésta ciencia.

Esa necesidad de reforzar el conocimiento teórico adquirido durante las clases hoy en día es más evidente, sobre todo porque a diario, en el desarrollo de la vida profesional nos encontramos con personas que carecen de la instrucción básica que debió obtenerse desde la formación académica; es por eso que con el desarrollo de éste trabajo de investigación se propone la creación dentro de la Facultad de Derecho de la Universidad Nacional Autónoma de México de un laboratorio de realidad virtual en el que sea posible poner en práctica el conocimiento de los métodos y técnicas propias de la Medicina Forense; es decir, con la ayuda de la realidad virtual se adquirirá un mayor y mejor conocimiento de las técnicas de investigación de un hecho delictivo; este laboratorio deberá contar con equipos de cómputo que cuenten con el software y hardware adecuados para la creación de ambientes virtuales, mismos que deberán ser idóneos para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas y reforzar su aprendizaje, ya que al poner en práctica sus teorías sabrá, por un lado, cual es la mejor manera de conducirse ante una situación en específico y por el otro, cuales son las consecuencias derivadas de una mala técnica de investigación.

Al crearse un espacio dentro de la Facultad de Derecho en el que los alumnos puedan experimentar y obtener los beneficios de la realidad virtual, también se le tendrá que dejar un lugar a éste tipo de tecnología dentro del programa de estudios de la Medicina Forense para que, cuando el alumno sepa cuál debe ser el actuar de un médico forense dentro del lugar de los hechos, pueda llevar a cabo todas las técnicas aprendidas y así poder determinar cuál es el mejor paso a seguir en la investigación de un delito.

Además, los futuros investigadores tendrán una mejor preparación para que cuando lleguen a ocupar cargos públicos no presenten las mismas deficiencias que actualmente presenta el sistema de procuración e impartición de justicia al contar con personal poco capacitado para desarrollar la tarea tan ardua que requiere la investigación de un delito, pero sobre todo, es importante que la investigación sea de tal idoneidad que permita que las autoridades determinen quien es el responsable del ilícito y se le castigue de acuerdo a la ley.

Es necesario hacer hincapié que con el empleo de la realidad virtual en la enseñanza de la Medicina Forense no se pretende dejar de lado la importancia que tienen todas las demás áreas que conforman la investigación delictiva, sino más bien, su utilidad se sitúa específicamente en el estudio del lugar de los hechos, toda vez que esta es una diligencia en la que participan diversos investigadores y autoridades que a través de la realidad virtual, adquirirán el conocimiento real de cómo se debe preservar el lugar en que se ha materializado un ilícito, ya que en muchos casos dichas investigaciones se ven afectadas por la técnica deficiente que se emplea al estudiar las circunstancias en las que se cometió un delito.

Como es bien sabido, en la investigación de un delito se funden diversas áreas del conocimiento que colaboran para que la investigación sea adecuada y eficaz así, cuando al juzgador le toque conocer de un caso, podrá tener elementos suficientes y contundentes para determinar si un sujeto es culpable o no del delito que se le imputa.

Otro aspecto muy importante que se tiene que resaltar respecto a la colaboración de la realidad virtual con la Medicina Forense en la investigación de delitos es el gran paso que esto significaría en el desarrollo de las técnicas y

métodos de enseñanza, ya que se obtendrá un mejor nivel académico y se contará con un aprendizaje sólido que le permita al profesionista desenvolverse de manera adecuada en cualquier campo en el que se quiera desarrollar; además, no será necesario que el estudiante tenga que esperarse a cubrir con ciertos requisitos que en muchas ocasiones le son exigidos para poder incursionar en el ámbito laboral, sino que practicará sus conocimientos desde antes de dedicarse por completo al ejercicio de su profesión, lo que de alguna manera influirá en que obtenga una mejor colocación dentro del mundo de la práctica.

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

1. A. BELL, JON. 3D Studio Max. Creación de Efectos Especiales. Editorial Paraninfo. España, 1997.
2. ACHAVAL, ALFREDO. Manual de Medicina Legal. Práctica Forense. 4ª Edición. Editorial Abeledo Perrot. Buenos Aires 1994.
3. ALMAGRO MORA, JOSÉ LUIS. Autodesk 3D Studio Paso a Paso. Editorial Addison Wesley Iberoamericana. España, 1993.
4. ARELLANO MARTÍNEZ, ROSA MARÍA. Tesis: La Realidad Virtual en la Educación Superior. Ciudad Universitaria. México, 2002.
5. CANOSA, JOSÉ. C++ Práctico. Maracombo Borxareu Editores. España, 1995.
6. CASANOVA GONZÁLEZ, MIGUEL ÁNGEL. Realidad Virtual. Editorial Multimedia. Madrid, 1995.
7. COTE ESTRADA, LILIA Y PAUL O. GARCÍA TORRES. La Práctica Médica y sus Controversias Jurídicas. Editora Científica Medica Latinoamericana, S. A. de C. V. México, 2002.
8. DE LA PUENTE, JOSÉ M. Arquitectura y Realidad Virtual. Editorial Martorell. España, 1996.

9. DEL PINO GONZÁLEZ, L. M. Realidad Virtual. Editorial Paraninfo. España, 1995.
10. DÍAZ, JOSÉ MANUEL. 3ds Max 5. Edición Especial. Ediciones Prentice Hall. España 2003.
11. GUERRERO, JAVIER. Realidad Virtual. La última frontera. Editorial Abeto. España, 1996.
12. GUTIÉRREZ CHÁVEZ, ÁNGEL. Manual de Ciencias Forenses y Criminalística. 2ª Edición. Editorial Trillas. México, 2002.
13. LAMERS, JIM Y TODD PETERSON. 3D Studio. Versión 4.0. Ediciones Prentice Hall. Hispanoamericana. New York, 1995. Traducción de la Q. F. B. Esther Fernández Alvarado.
14. LES HANCOCK, MORRIS KRIEGER. Introducción al Lenguaje C. 2ª Edición. Editorial Mc. Graw Hill Inc. España, 1998. Traducción de Sebastián Dormido Bencorno.
15. LINDO, WILFRED. Cibermanía. La emocionante guía de viaje a través del espacio digital. Editorial Marcombo. España, 1994.
16. MONTIEL SOSA, JUVENTINO. Criminalística 1. 2ª. Edición. Editorial Limusa, S. A. de C. V. México, 2008.
17. OSORIO Y NIETO, CÉSAR AUGUSTO. El Homicidio. 4ª. Edición. Editorial Porrúa. México, 1999.
18. P. CHISMAR, JOHN. 3D Studio Max 3 Animación. Editorial Prentice Hall. España 2000.
19. PESCADOR ALBIACH, DARÍO. 3D Studio Max Versión 2.5. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid 1999.

20. QUIROZ CUARÓN, ALFONSO. Medicina Forense. 8ª Edición. Editorial Porrúa. México, 1996.
21. ROEHL, BERNIE. El creador de mundos virtuales. Ediciones Anaya Multimedia, S.A. Madrid, 1995.
22. SCHILDT, HERBERT. Turbo C. Manual de Bolsillo. Mc. Graw Hill Inc. México, 1989. Traducción Javier Corella Díaz.
23. STROUSTRUP, BJARNE. El Lenguaje de Programación C++. Edición Especial. Ediciones Addison Wesley. España, 2001. Traducción de José Daniel García.
24. TOOD PETERSON, MICHAEL. Descubre 3D STUDIO MAX 3. Editorial Prentice Hall. España, 2000.
25. VARGAS ALVARADO, EDUARDO. Medicina Forense y Deontología Médica. Ciencias Forenses para Médicos y Abogados. Editorial Trillas. México, 1991.
26. VARGAS ALVARADO, EDUARDO. Medicina Legal. Editorial Trillas. México, 1996.

## **DICCIONARIOS**

1. NUÑEZ MARTÍNEZ, ÁNGEL. Nuevo Diccionario de Derecho Penal. 2ª. Edición. Librería Malej S. A. de C. V., México, 2002.

## LEGISLACION

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Ediciones Fiscales ISEF. México, 2009.
2. Código Penal Federal. Ediciones Fiscales ISEF, S. A. México, 2009.
3. Código Federal de Procedimientos Penales. Ediciones Fiscales ISEF. México, 2009.
4. Código Civil Federal. Ediciones Fiscales ISEF. México, 2009.
5. Ley General de Salud. Ediciones Fiscales ISEF. México, 2009.

## INTERNET

1. <http://www.alegsa.com.ar/Dic/sistema%20operativo.php>
2. <http://bine.org.mx/node/826>
3. <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/Marzo/ixtli.htm>
4. <http://www.terra.es>