

Laboratorio Virtual de Química Soportado en un Dispositivo Electrónico de Interacción

Lely A. LUENGAS
Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Cundinamarca 111156, Colombia

Giovanni SÁNCHEZ
Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura
Bogotá, Cundinamarca 111156, Colombia

y

Natalia C. VASQUEZ
Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Cundinamarca 111156, Colombia

RESUMEN

La influencia de los cambios tecnológicos se puede palpar en todos los aspectos que conciernen a la sociedad, entre ellos la educación, ya que a medida que surgen nuevos desarrollos científicos éstos tienen gran acogida en las herramientas didácticas pues permiten enriquecer el proceso educativo. En este artículo se muestra el desarrollo de una herramienta hardware-software que impactará en las estrategias de enseñanza del área de química, ayudando a desarrollar habilidades y actitudes en los estudiantes, reforzando el proceso de autoformación, manejo de tiempos, autoevaluación, entre otros. Este instrumento se basa en las bondades de la realidad virtual, pues se presenta un laboratorio de química virtual al cual se accede por medio de un guante que adicionalmente permite interactuar con el laboratorio y sus elementos. La propuesta de este desarrollo se realiza al interior del grupo de investigación Metis perteneciente a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en Bogotá, Colombia.

Palabras Claves: Educación virtual, laboratorios virtuales, realidad virtual, simulación.

1. INTRODUCCIÓN

Las TIC constituyen las herramientas a emplear en diferentes ámbitos en nuestros días debido a la versatilidad y accesibilidad que ofrecen, por ello se están empleando en los procesos educativos, pues le proporcionan al estudiante ambientes interactivos con diferentes instrumentos que ayudan en su aprendizaje. Un ambiente que emplea las tecnologías de la información y tiene aplicación en el sector educativo es la realidad virtual, donde a través de mundos virtuales se pueden realizar prácticas de laboratorio que no requerirían equipos ni materiales físicos, buscando de esa forma minimizar el costo de laboratorios, incrementar el acceso de estudiantes en la realización de prácticas de laboratorio y ofrecer seguridad en la realización de las prácticas. Además, en un ambiente virtual, se puede tener acceso a recursos bibliográficos del tema a tratar en la práctica y de todos los temas de la asignatura, reforzando así la comprensión de conocimientos impartidos durante el curso.

Este proyecto plantea el desarrollo de un sistema software-hardware que permitirá simular un laboratorio de química haciendo uso de la realidad virtual, en este espacio los estudiantes podrán realizar

ejercicios prácticos, realizar consultas bibliográficas y almacenar datos.

Para conseguir lo propuesto, en un computador se tendrá un ambiente virtual de un aula de clase, con un menú donde se podrá seleccionar uno de los siguientes servicios: acceder a los temas de la asignatura, revisar recursos bibliográficos o realizar prácticas virtuales del laboratorio, en esta última tarea el usuario tendrá realimentación del ejercicio realizado, es decir, si se plantea manipular una sustancia x y él toma una diferente el sistema le informará que el procedimiento es erróneo y que debe ejecutarlo de nuevo. El instrumento de selección es una interfaz electrónica, es decir, un dispositivo que contará con una serie de sensores a través de los cuales se podrán conocer los movimientos del brazo.

2. REALIDAD VIRTUAL

Virtual es aquello que está implícito, tácito; el término proviene del latín *virtualis*: fuerza, virtud, de gran potencialidad, luego, se puede decir que “virtual es aquello que produce un efecto, pero no lo hace en presente, lo que nos acerca al campo del imaginario, de la realidad simbólica, o sea, de la representación de lo real o de los conceptos a través de símbolos” [1].

De lo anterior, se puede hacer un acercamiento a lo que es la Realidad Virtual, una simulación generada por un computador de algún ambiente ya sea real o ficticio y donde el usuario tiene la sensación de pertenecer a este ambiente, en algunos casos puede interactuar con él, es decir, la tecnología de última generación que permite trasladar a una persona a un mundo real o ficticio y hacer sentir una realidad distinta a la existente en ese momento es la realidad virtual. El ambiente se diseña con una base de datos gráficos que lo hace interactivo, explorable y visualizable en tres dimensiones en tiempo real, lo cual impacta la cerebro y hace que se siente inmerso en este espacio.

Esta tecnología ha tenido gran aceptación en la enseñanza, ya que permite fácilmente captar la atención de los estudiantes a través de su inmersión en mundos virtuales que abarquen distintas ramas del saber, lo cual ayuda dinámicamente al aprendizaje de los contenidos en cualquier materia, pues, como recurso didáctico los docentes pueden aprovecharla, ya sea en clases teóricas o prácticas, para motivar a los estudiantes haciendo uso del alto grado de

interactividad ofrecida por mundos virtuales, así lo expresan Hilera y otros “La Realidad Virtual es una tecnología especialmente adecuada para la enseñanza, ya que permite fácilmente captar la atención de los estudiantes a través de su inmersión en mundos virtuales que abarquen distintas ramas del saber, lo cual ayuda dinámicamente al aprendizaje de los contenidos en cualquier materia” [2].

3. EDUCACIÓN VIRTUAL

“En el mundo de la aldea global el valor de la educación se hace evidente en tanto con ella las personas pueden ponerse a tono con las exigencias que se desprenden de fenómenos como la globalización, mundialización, la revolución de la biotecnología y tantos otros que vienen a configurar nuevas formas de la cultura. La emergencia de este mundo, ha encontrado que, definitivamente, el conocimiento se convierte en su piedra angular. Entonces factores como el aprendizaje y la información se constituyen en decisivos a la hora de su estructuración. Esto lleva a redimensionar el papel de la educación y a mirarla como el proceso clave en la conquista del conocimiento. Aparecen así movimientos que proponen giros y alternativas en los procesos educativos. La educación virtual ha aparecido en nuestro contexto como una nueva manera de realizar la acción educativa. El deseo por ampliar la cobertura y por mejorar la calidad haciendo de ella un auténtico espacio de formación, poniendo al alcance de todos los avances en el campo del conocimiento, han visto allí una alternativa importante” [3].

“La definición de educación virtual no varía mucho en relación con la definición de educación presencial, dado que la única diferencia se da en los medios empleados para establecer la comunicación entre los actores del proceso educativo. Este elemento que diferencia a la educación tradicional presencial de la virtual, le otorga algunas características que para una gran parte del potencial mercado educativo pueden ser muy benéficas, tales como la flexibilidad en el manejo del tiempo y el espacio” [4].

Los medios de los cuales habla el autor son las TICs, tecnologías de la información y la comunicación, que ofrecen un conjunto de servicios, entre ellos redes, software, equipos, que tienen como fin el mejoramiento de la calidad de vida de las personas dentro de un entorno, y que se integran a un sistema de información interconectado y complementario; algunas de las ventajas que conlleva el uso de estas tecnologías en la educación son: la disponibilidad, pues se tiene acceso al material de consulta en cualquier lugar; distribución del tiempo del estudiante, él deberá establecer el horario de consulta y trabajo en la clase; variación en el tiempo de permanencia de una sesión de clase, dependiendo del ritmo de aprendizaje; validación de procesos de autoevaluación; desarrollo de habilidades en el uso de las herramientas tecnológicas; reducción de costos en infraestructura física y equipos; mayor compromiso de estudiantes y docentes en el proceso educativo.

Laboratorios Virtuales

Debido a las nuevas herramientas, navegación en red, grupos de discusión, simulaciones en software, y al enfoque dado hoy día en materia de educación, donde se tienen espacios nuevos de construcción y solución de problemas, los laboratorios computarizados, también llamados laboratorios virtuales, han ido adentrándose en las prácticas pedagógicas, desde hace más de 25 años cuando inició su uso, ya que el uso de éstos “representa una oportunidad para el docente estimular al alumno con tecnología educativa, la responsabilidad de aprender por sí mismo y transferir

su aprendizaje al mundo real, por otro presenta el reto de desarrollar materiales semejantes a los juegos con intereses educativos. Las teorías constructivistas de la enseñanza son las que aportan más apoyo hoy día para el aprovechamiento de las habilidades que los alumnos ya poseen y su utilización para resolver problemas nuevos, adquiriendo aprendizajes útiles para el futuro, el utilizar métodos que involucren tecnología computacional en el aula, trae ventaja para el docente, pues los estudiantes están más estimulados al aprendizaje utilizando ambientes virtuales. Cuando el laboratorio real no es posible o conveniente, el laboratorio virtual es un buen sustituto o al menos para entrenamiento antes de realizar prácticas peligrosas, especialmente si se cuenta con simuladores mecánicos o de realidad virtual en lugar de una simple pantalla” [5].

Así, se observa que algunas de las principales razones de uso de estos espacios cibernéticos son: la disminución en la inversión de costosas máquinas, la ampliación en el acceso a costosos y restringidos equipos de laboratorio, en los laboratorios realizados por grupos de estudiantes se puede observar un trabajo directo y cooperativo pero hace falta reforzar el trabajo autónomo, la poca disponibilidad de tiempo libre en laboratorios para realizar de nuevo prácticas que permitan afianzar el conocimiento en un tema específico, la reducción del gasto de elementos consumibles, etc.

4. PROPUESTA DEL LABORATORIO VIRTUAL DE QUÍMICA

Se plantea la propuesta del diseño y desarrollo de un laboratorio virtual para apoyar el proceso de enseñanza en laboratorios de química, haciendo uso de un dispositivo electrónico que interactúa con un mundo de realidad virtual soportado sobre arquitectura SOA (Arquitectura Orientada a Servicios), para ello se requiere contar con un escenario gráfico en 3D de un laboratorio de química (en el cual el estudiante pueda interactuar), un conjunto de recursos bibliográficos (gestor de contenidos), herramientas informáticas (correo electrónico, foros y chat), un sistema de ayuda para guiar tanto a estudiantes como a profesores en el uso adecuado del software educativo a desarrollar, entre otros; en la figura 1 se muestran los componentes principales del proyecto y la forma como se relacionan entre sí.

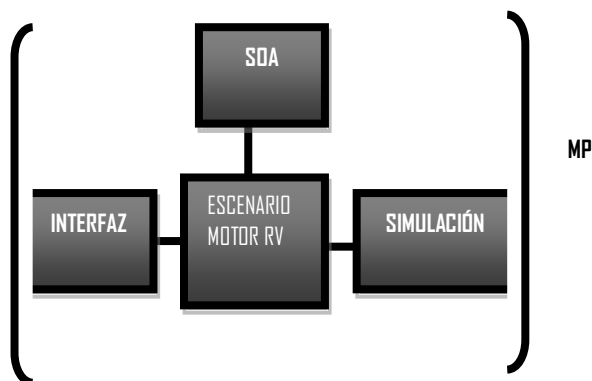


Figura 1. Componentes principales del proyecto que interactúan y dan soporte al modelo pedagógico (MP) para el desarrollo de un Laboratorio Virtual de Química basado en realidad virtual.

Interfaz

El sistema interfaz es un dispositivo que permite detectar el movimiento de la mano y visualizarlo en la pantalla del PC dentro del mundo virtual (laboratorio), consta de un hardware que contempla la adquisición, adecuación y transmisión de las señales, el diagrama de bloques se observa en la figura 2.

Para adquirir las señales del movimiento se ha dispuesto utilizar un dispositivo que permita la libre movilidad, con una serie de sensores que capturen el movimiento, estas señales se convierten a un formato, es decir se adecuan con dispositivos electrónicos para la transmisión de la información. Los datos enviados forman tramas que poseen un bit de arranque (start), la identificación de la cantidad de movimiento y un bit de parada (stop).



Figura 2. Componentes del sistema interfaz.

SOA

Una arquitectura orientada a servicios (SOA) es una evolución de la computación distribuida, creada con base en el modelo pregunta/respuesta para aplicaciones tanto sincrónicas como asincrónicas. En esta arquitectura, las funciones individuales son presentadas como servicios para aplicaciones consumidoras/clientes y es capaz de involucrar y reunir diferentes tecnologías de un modo adecuado, por ejemplo, un servicio web puede implementarse ya sea en visual .NET o en J2EE, y la aplicación que utiliza el servicio puede estar en una plataforma y lenguajes diferentes a estos dos; de allí que se diga que SOA permite la convergencia de tecnologías diferentes y en un ambiente de integración sin exclusiones [6].

Escenario gráfico, Motor de Realidad Virtual

El escenario gráfico es el entorno virtual del laboratorio de química, allí el estudiante pueda manipular y ver más de cerca los elementos existentes en él, es decir, manipular sustancias, recipientes e instrumentos, adicionalmente se tendrá acceso permanente a recursos bibliográficos e informáticos. Este escenario cuenta con un motor para animaciones y hace uso de ontologías para la programación y definición de reglas.

Simulación

Se realizan prácticas de laboratorio relacionadas con la observación y predicción de experimentos, diseñadas de tal forma que obedezcan a un modelo pedagógico constructivista, para ello en toda práctica se deberá:

- Formular el problema, por parte del estudiante.
- Plantear la hipótesis que se tienen de acuerdo a conocimientos previos en el tema.
- Establecer el inicio, parámetros iniciales para la práctica de laboratorio.
- Ejecutar la simulación.
- Evaluar al estudiante.
- Realizar seguimiento, es decir, determinar el nivel de conocimiento del estudiante antes de ejecutar la simulación y después de dicha simulación, con esto se podrán detectar los avances o progresos del estudiante al utilizar el ambiente virtual de aprendizaje, de modo que sirvan como guía para el docente en la evaluación del mismo.

5. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto involucra la combinación de varias metodologías: una para el desarrollo del proceso investigativo, una para el diseño e implementación del dispositivo de interacción, una para el sistema de comunicación y una para el diseño y desarrollo del mundo virtual. A continuación se propone cada una de ellas para los diferentes componentes de los laboratorios virtuales.

Desarrollo del proceso investigativo

La investigación se lleva a cabo a través de seis pasos fundamentales, los cuales se muestran en la figura 3 y se describen a continuación.

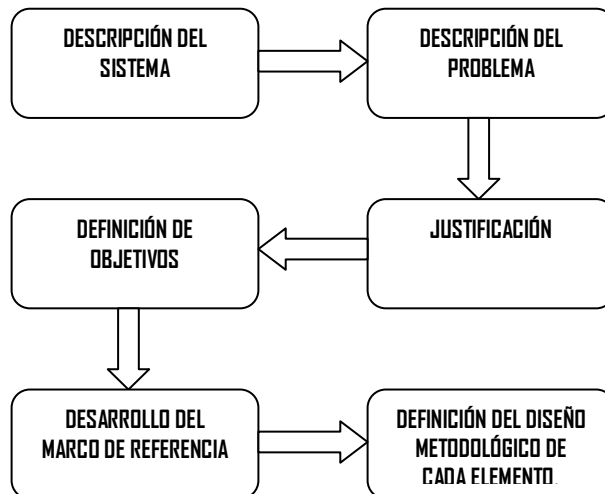


Figura 3. Metodología descrita para el desarrollo del proceso investigativo del Laboratorio de Química.

- Descripción del sistema, se establece el área o campo de investigación de forma clara y meticulosa, en nuestro caso el área es Química y se especifica que puntualmente se trabajará el proceso de Destilación.
- Descripción del problema, se especifica el problema detallada y claramente, se establecen los límites del problema.
- Definición de objetivos, se determina qué se va hacer teniendo en cuenta los resultados esperados y el ámbito donde se situará el desarrollo.
- Justificación, se resaltan las motivaciones existentes que permiten el desarrollo y la ejecución del proyecto.
- Desarrollo del marco de referencia, construcción del conocimiento previo, revisión de las estructuras teóricas y experiencias existentes mundialmente
- Definición del diseño metodológico de cada elemento, la ejecución del proyecto se lleva a cabo en tres fases: construcción del dispositivo de interacción, diseño del sistema de comunicación y la interface del software que contiene el mundo virtual del laboratorio.

Desarrollo del dispositivo de interacción

El desarrollo del dispositivo de interacción se realiza siguiendo unas ciertas etapas indispensables, figura 4, para obtener los resultados esperados planteados a continuación.

- Planeación y organización, se listan las actividades a realizar, se determinan las características del grupo de trabajo, los elementos del dispositivo y las herramientas hardware-software.
- Requerimientos, se estudian y se fijan las particularidades del sistema.
- Análisis, se analizan los requerimientos para establecer los componentes a utilizar, la estructura física que los debe soportar y la tecnología a utilizar.
- Diseño del dispositivo, se realizan los cálculos matemáticos necesarios para conseguir un prototipo del dispositivo sensorico, de adecuación de la señal y de la transmisión, paso seguido se realizan las pruebas previas haciendo uso de software de simulación electrónico, si no se cumplen las características requeridas, se realiza un nuevo diseño y se vuelve a simular, esto se debe hacer tantas veces como sea necesario hasta conseguir un sistema que funcione como se requiere.
- Desarrollo y construcción, se implementa el prototipo diseñado, se realizan pruebas y se verifica el funcionamiento, si es correcto se procede a realizar la adaptación entre el sistema electrónico y el de soporte, si es incorrecto, se regresa a la etapa de implementación y se ejecutan de nuevos las acciones propuestas.
- Pruebas finales, se comprueba que el dispositivo de interacción desarrolle las tareas propuestas y si es necesario se toman medidas de corrección.

- Pruebas, conexión del sistema con el dispositivo de interacción y verificación del comportamiento; se deben solventar las posibles dificultades que se presenten.

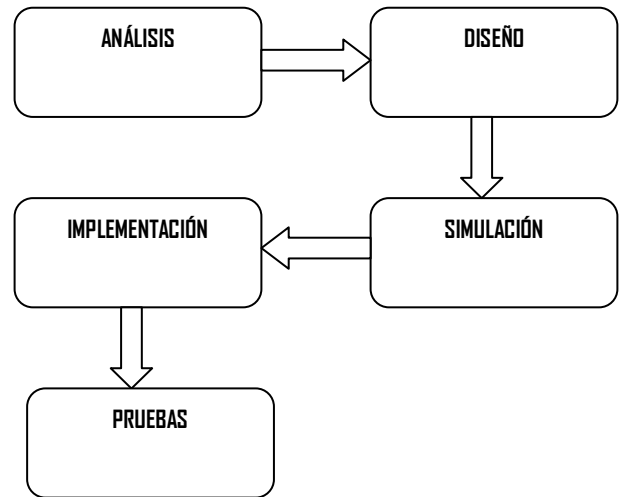


Figura 5. Metodología del Desarrollo del sistema de comunicación.

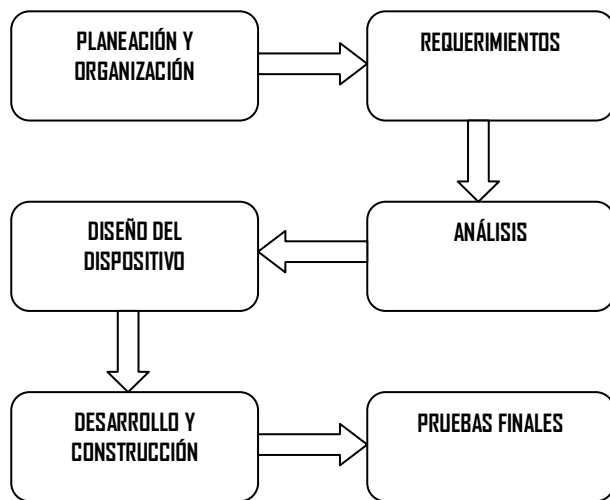


Figura 4. Metodología propuesta y aplicada para el Desarrollo del dispositivo de interacción.

Desarrollo del sistema de comunicación

Para el sistema de comunicación, aquel que transmite los comandos del dispositivo de interacción hacia el computador, se sugiere seguir los pasos que se muestran en la figura 5, para su obtención.

- Análisis, determinación de las características del sistema de transmisión y recepción dependiendo del dispositivo de captura, el ambiente donde se encuentra, el tiempo de respuesta requerido y la aplicación.
- Diseño, obtención del prototipo del sistema de comunicación a partir de cálculos matemáticos y estudio de posibles elementos electrónicos que proveen la solución requerida.
- Simulación, comprobación del desempeño del diseño realizado, supliendo los posibles errores presentes.
- Implementación, construcción del hardware y software que realizan la comunicación.

Desarrollo del mundo virtual

El diseño y desarrollo del mundo virtual se somete a diferentes etapas acorde con las necesidades del laboratorio, esas etapas son las descritas a continuación y mostradas en la figura 6:

- Modelo de negocio, se define el proceso principal que se realizará en el laboratorio, así como las correspondientes gráficas de procesos, se fija el modelo de dominio y se establece un glosario de términos.
- Requerimientos del mundo virtual, establecimiento de las necesidades, determinación de un listado inicial de casos de uso, su depuración, propuesta del modelo de casos de uso y designación de los documentos de cada caso de uso.
- Análisis, vista conceptual del mundo virtual, para lo cual se realizaron diagramas de secuencia, colaboración y de actividad por cada caso de uso, el diagrama de estados y el modelo de análisis.
- Diseño, programación previa del mundo virtual, teniendo en cuenta las tablas CRC para establecer las responsabilidades de los objetos, el modelo de interfaz, el modelo lógico, el modelo físico y el diccionario de datos.
- Desarrollo, programación de los diferentes sistemas que conforman el mundo virtual, para lo cual se realizaron los diagramas de despliegue, paquetes y componentes y el código de cada uno de los subsistemas.
- Pruebas, ejecución de pruebas de integración y de sistema de cada uno de los sub-sistemas que conforman el mundo virtual.

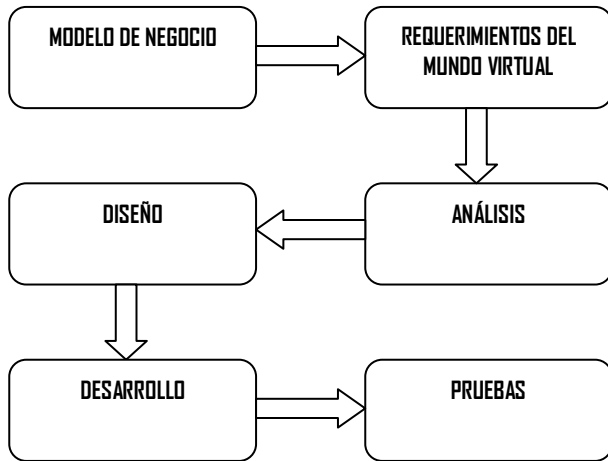


Figura 6. Metodología propuesta para el Desarrollo del mundo virtual.

6. RESULTADOS

Se obtuvo un dispositivo que permite capturar el movimiento del brazo de una persona y visualizarlo en la pantalla de un computador, para la transmisión de datos se realizó una codificación y se desarrollo un trama que lleva estos datos, la forma de entramar se puede observar en la figura 7 y los resultados gráficos de las pruebas se pueden observar en la figura 8, donde se muestra a una persona que se ha colocado el dispositivo y bajo un ambiente creado en el computador se observan los movimientos del brazo, el diseño del brazo en el PC sigue al brazo real, teniendo igual cantidad de desplazamiento tanto en lo real como en el mundo virtual.

Para el entramado se tuvo en cuenta la información dada por los sensores, es decir, los datos enviados por el dispositivo de interacción, a cada uno de ellos se le asignó un código de identificación que se transmite al inicio y al final de la trama y en medio de estos identificadores se envía el dato del sensor, con esto se obtiene un valor válido del movimiento efectuado por el brazo.

SENSOR FLEXION - EXTENSIÓN

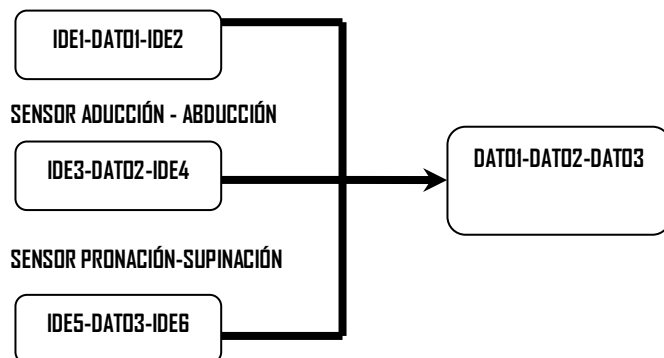


Figura 7. Resultado de la trama desarrollada para la transmisión de datos.

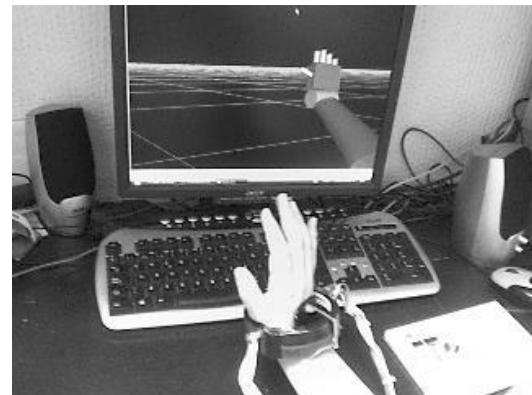
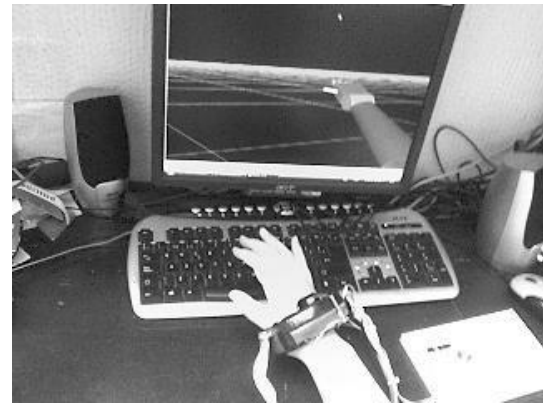


Figura 8. Visualización en el PC de los movimientos realizados por el brazo de una persona que utiliza el dispositivo

Con el desarrollo del proyecto se han obtenido conocimientos que permitirán abordar de una mejor manera la realización de nuevos laboratorios virtuales, al igual de diseñar e implementar otros dispositivos de interacción utilizando diferentes tecnologías y encontrando diferentes escenarios, tales como salud, entretenimiento, industria, entre otros.

La construcción del laboratorio ha permitido formar un grupo interdisciplinario, con personas de las áreas de sistemas, electrónica, educación, química, diseñadores de entornos, lo cual es una excelente experiencia de comunicación e integración.

7. CONCLUSIONES

Se observa que la unión ciencia - tecnología constituye uno de los pilares para la innovación de herramientas educativas. Así, el desarrollo de una serie de disciplinas tales como la electrónica y los sistemas, que involucran los campos de sensorica, transmisión de datos, informática, sistemas digitales, entre otros, están permitiendo concebir y desarrollar una serie de soluciones tecnológicas para paliar las deficiencias presentes en el ámbito formativo.

El diseño y desarrollo de laboratorios virtuales, empleando dispositivos de captura de datos, orientados al sector educativo, podrán aportar elementos valiosos en nuevos modelos educativos que motivan al estudiante al desarrollo de prácticas de laboratorio.

El desempeño de los estudiantes en las prácticas de laboratorio que hacen uso de laboratorios virtuales, podrá incrementarse ya que ellos podrán acceder a estos laboratorios en diferentes espacios, sin riesgo alguno, pues la manipulación de sustancias no es directa, lo cual también lleva a la optimización de recursos físicos, tales como sustancias.

El hacer uso de herramientas de realidad virtual en espacios académicos, permite obtener mejores resultados en la aprehensión de conocimientos de una asignatura.

Se presentan nuevas herramientas didácticas que facilitan la enseñanza y permiten a los estudiantes contar con un nuevo escenario, que facilite de manera interactiva, plantear problemas y construir soluciones simuladas, las veces que se requiera, ofreciendo a los docentes y estudiantes una alternativa que fortalece el proceso de aprendizaje.

8. REFERENCIAS

- [1] Covi Druetta, Delia. **Educación en la era de las redes**. SITESA. UNAM, México, 2006.
- [2] Hilera, José R. & Otón, Salvador & Martínez, Javier. **Aplicación de la Realidad Virtual en la Enseñanza a través de Internet**. Universidad de Alcalá. Madrid. Consultado 8 mayo de 2008. Disponible en <http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num8/hilera-oton.html>
- [3] Unigarro, Manuel. **Educación virtual, encuentro formativo en el ciberespacio**. Colección Ed Hoc. 2004, UNAB. Pág. 5.
- [4] <http://virtual.ces.edu.co/mod/resource/view.php?id=1178>. Consultado el 18 de julio de 2008.
- [5] http://fbio.uh.cu/educacion_distancia/laboratorios_virtuales/Laboratorios%20Virtuales%20en%20Educacion.pdf, consultada el 20 de julio de 2008.
- [6] Zea, C. M. (2006). **Hacia Una Comunidad Educativa Interactiva**. Fondo editorial Universidad EAFIT. Medellín.
- [7] MÉNDEZ ALVARES, Carlos Eduardo. **Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación**. Tercera Edición. Colombia: Editorial Mc Graw Hill, 2001.
- [8] LERMA, Hector Daniel. **Metodología de la investigación: Propuesta, Anteproyecto y Proyecto**. Segunda Edición. Bogotá: Ecoe Ediciones. 2005.
- [9] TAMAYO, Mario. **El proceso de la investigación científica**. Cuarta Edición. México D.F.: Editorial Limusa, 2005.
- [10] CERDA GUTIERREZ, Hugo. **Los elementos de la investigación**. Segunda reimpresión. Bogotá: Editorial El Búho, 2000. ANUIES-UNESCO. (2003) La educación superior virtual en América Latina y el Caribe. Seminario Internacional sobre Universidades Virtuales en América Latina y el Caribe, celebrado en Quito, Ecuador en febrero de 2003, bajo los auspicios de la UNESCO/IESALC.
- [11] Ceres, R. & Pons, J. & Calderón, L. & Moreno, J. (2008). **La robótica en la discapacidad. Desarrollo de la prótesis diestra de extremidad inferior MANUS-HAND**, Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Vol. 5 Número 2, pp. 60-68, abril 2008.
- [12] Campanario, Juan Miguel. **Como identificar los problemas de aprendizaje de las ciencias. Metacognición**. Disponible en <http://www2.uah.es/jmc/problemasaprendizaje.pdf>. Consultado 24 de abril de 2008.
- [13] Castiblanco Q., Ana Milena & Pinilla, Jorge Alberto. **Construcción de un Sistema de Captura de Movimiento para Entornos de Realidad Virtual. Dispositivos de interacción**. Tesis para optar por el título de Ingeniero en Telemática. Universidad Distrital. Mayo de 2007, pp 16 – 18.
- [14] Ciberhábitat. **Ciudad de la informática. Medios de Comunicación**. Disponible en <http://ciberhabitat.gob.mx/medios>. Consultado 19 noviembre de 2007.
- [15] CINTERFOR (Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación Profesional). **Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Formación. Decisiones y Pedagogía**. Lima, 2005. Disponible en <http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/newsroom/turin/a250710.htm>. Consultado 20 noviembre de 2007.
- [16] Daniele, Marcela & Angeli, Sandra E. & Solivellas, Daniela B. y otros. **Desarrollo de un Software Educativo para la Enseñanza de la Fotosíntesis**. Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-químicas y Naturales. En memorias de las Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina. JEITICS. 2005. Disponible en: <http://cs.uns.edu.ar/jeitics2005/Trabajos/pdf/54.pdf>. Consultado 7 de mayo 2008.
- [17] Flórez, J. (2007). **Constructivismo y educación virtual: reflexiones de un especialista**. Lulu.com.
- [18] Garduño, R. (2005). **Enseñanza virtual sobre la organización de recursos informáticos digitales**. UNAM, México.
- [19] Gradecki, Joe. **Realidad Virtual. Construcción de Proyectos**. Grupo Editorial Alfa-Omega, ra-ma. México. 1997. p. 3.
- [20] Martínez, F. (2005) **E-Aprendizaje en bibliotecología: perspectivas globales**. UNAM.
- [21] Nigg, B y Herzog, W. (1998) **Biomechanics of the Musculo-skeletal System**, Second Edition. Wiley.
- [22] Rhee, T. y Neumann, U. y Lewis, J. (2006) **Human Hand Modeling from Surface Anatomy**, ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games.
- [23] Roehl, Bernie. **El Creador de Mundos Virtuales**. Madrid: Ediciones ANAYA Multimedia S.A., 1994 p. 35.

- [24] Rodríguez, C, & Bohorquez, J & Quintero, H. (2007) **Aplicación de la teoría de robots manipuladores a la biomecánica del brazo humano**, Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial.
- [25] Rodríguez, C & Quintero, H & Aschner, H. (2005) **Movimiento del brazo humano: de los tres planos a las tres dimensiones**. Revista de ingeniería, Universidad de los Andes, número 22, pp. 36 – 44, noviembre.