

Simulador Electrónico para el Entrenamiento de Estudiantes de Medicina

Electronic Simulator for Medical Students's Training

Patricia Chambergo¹, Ana Siapo², Guillian Chambergo³

¹ Laboratorio de Sistemas Automática Control, Estudiante de Posgrado: Maestría en Ingeniería Mecánico- Eléctrica con mención en Automática y Optimización, Universidad de Piura, Perú.

² Los Portales. Departamento de Gerencia y Operaciones. Perú.

³ Interna de Medicina Humana. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Perú.

patricia.chambergo@posgrado.udep.edu.pe, cetejada@losportales.com.pe,
cchambergo@efectiva.com.pe

Resumen. Este artículo presenta el diseño y construcción de un simulador electrónico para los estudiantes de Medicina Humana. Con el fin de contribuir a la mejora de la educación. Con este prototipo los estudiantes pueden realizar procedimientos médicos: Reanimación cardiopulmonar, alcanzando el uso de la desfibrilación, aplicación de medicamentos, como adrenalina; simulación de un paciente cianótico y diferenciar las arritmias cardíacas, siempre con el monitoreo de los signos vitales. También pueden hacer uso del Ambu, escuchando el paso aire a través de los pulmones con el estetoscopio. Los resultados fueron favorables en varios aspectos. Las evaluaciones de los maestros fueron objetivas, fortaleciendo lo aprendido en aula, el comportamiento emocional del estudiante se evaluó a través del contacto con situaciones de emergencia, se desarrolló el trabajo en equipo y rápidamente se familiarizaron con el funcionamiento del simulador.

Palabras clave: simulador, estudiantes, medicina

Abstract. This work presents the design and construction of an electronic simulator for the Human Medicine students. In order to contribute to a better education. With this prototype the students can perform medical procedures: CPR, reaching defibrillation use, application of medications such as epinephrine; a cyanotic patient simulation and differentiate the cardiac arrhythmias, always monitoring the vital signs. They can use an Ambu, listening the air passage of the lungs with a stethoscope. The results were favorable in several respects. The teachers' evaluations were objective, strengthening what is learned in the classroom, the student's emotional behavior was evaluated in emergency situations, the teamwork was developed and the students had a quick adaptation with the simulator.

Keywords: simulator, student, medicine.

1 Introducción

El campo de formación práctica de los estudiantes de medicina no es eficiente debido a su falta de conocimientos técnicos, es decir el saber hacer; ya que el estudio con pacientes en hospitales es limitado. El estudiante inexperto puede poner en peligro la vida de los pacientes, a esto se suma, la negativa de éste y la de su familia de ser atendido por un estudiante. Otra parte importante es la falta de educación emocional del estudiante para tomar decisiones en casos de emergencia, ya que nunca estuvo sometidos a situaciones parecidas a las que tendrá que afrontar en el campo laboral. Esta competencia no es únicamente para mejorar el manejo con pacientes, sino también que se vea mejorada la interacción con pares y con compañeros [1].

Las dificultades de los profesores surgen en las evaluaciones, ellos requieren la perfección de sus estudiantes en el método enseñado, siendo conscientes de la poca práctica que han tenido sus alumnos. Analizando los años de estudio de un alumno de Medicina Humana en el Perú, vemos que se convierte en un médico con participación activa, recién en su año de internado, llegando con poca experiencia en diversos procedimientos médicos. Si hablamos de este tipo de tecnología, los pioneros en estas nuevas técnicas fueron los ingenieros estadounidenses, quienes los utilizaron inicialmente para entrenar al cuerpo médico de su ejército. Desde un simulador que era sólo mecánico, hasta ahora con centros de simulación médica, como el Centro Nacional de Simulación Médica del Departamento de Veteranos en la ciudad médica de Lake Nona en Orlando [2]. En Perú, son pocas las instituciones que cuentan con este tipo de tecnología, como son: La Universidad Privada Antenor Orrego, que cuenta con su Instituto de Competencias y Destrezas Médicas. La Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, cuenta en su infraestructura con 875 m², dedicados íntegramente a la simulación clínica. Por último se encuentra la Universidad San Martín de Porres, aunque en su Filial Norte, donde se hizo una visita a su centro de simulación, se encontraron simuladores que no eran controlados por computadoras, y muchos de ellos que tenían alguna funcionalidad controlada por un dispositivo electrónico, estaban en desuso por falta de mantenimiento

2 Simuladores en la enseñanza Médica

La gran dificultad de la enseñanza de la medicina radica en que el aprendizaje no debe ir sólo dirigido a la adquisición de capacidades intelectuales o conocimientos, sino que también adquiere especial importancia el desarrollo de capacidades psicomotoras o habilidades prácticas y de condiciones afectivas o actitudes [3].

Habitualmente, incluso en las prácticas hospitalarias, los estudiantes de medicina son excluidos del tratamiento primario de las situaciones críticas, por razones obvias, aunque sean éstas una de las circunstancias donde mejor se representa el ideal de conocimientos científicos, habilidades y factores humanos que el concepto de enseñanza persigue. Se calcula, que hay cerca de 400.000 muertes anuales por errores médicos, lo cual es un número similar al de muertes por tabaquismo, alcohol, drogas, heridas por arma de fuego y accidentes automovilísticos. Un principio de calidad bien conocido, es hacer las cosas bien desde la primera vez. En la enseñanza de la medicina, esto es, que el estudiante tenga la destreza necesaria suficiente para tratar un paciente desde la primera vez. Los campos de aplicación de la simulación en la

educación médica, son cada vez más amplios. Su efectividad para la enseñanza de destrezas y conocimientos, se describe en la literatura científica médica, y está siendo extensiva para la enseñanza a nivel de posgrado [4] .

La simulación, usada exitosamente en diferentes campos, ha promovido el interés por el entrenamiento médico, basado en simuladores electrónicos. El propósito es controlar el riesgo y bajar el costo, mejorar las posibilidades de demostración y evolución, adquisición de habilidades y destrezas por medio de la más sofisticada simulación [5].

Es necesario innovar en metodologías de enseñanza que fomenten el autoaprendizaje y la participación activa del estudiante, implementar las nuevas tecnologías de la información, fortalecer la interrelación entre las ciencias básicas y las clínicas, fomentar la formación socio-humanística y en salud pública, crear líneas de investigación en las que los estudiantes participen activamente, y promover una flexibilidad curricular bien entendida, que permita a los estudiantes profundizar en áreas del conocimiento de su interés [6],[7]. A base de estos aspectos, la vinculación de pacientes simulados, permite adquirir habilidades o destrezas, sin exponer a los pacientes a riesgos, bajo el supuesto de que, cuando se actúe sobre éstos, ya se han adquirido las habilidades [8]. En conclusión, el uso de simuladores en estudiantes de medicina, es una estrategia dinámica y positiva para el estudiante, por la que se adquieren habilidades, que posibilitan prácticas análogas; es un medio rico para explorar y desarrollar mediante técnicas innovadoras y creativas, pero que, es claro, solo imitan, no sustituyen. Es una herramienta más de la tecnología educativa, no sustituye al paciente ni reemplaza la práctica clínica [9]. El uso de simuladores en la educación médica, no pretende reemplazar, en todos sus extremos, al método tradicional [10].

3 Métodos y materiales

El trabajo fue desarrollado conjuntamente con médicos docentes y alumnos de la universidad. En dónde a base de sus necesidades se desarrollaron cada una de las funciones del simulador. Se desarrollaron clases modelos para ir verificando el funcionamiento y mejoras en la enseñanza y evaluación a los alumnos. Los materiales usados para el desarrollo del hardware fueron:

- **Paciente electrónico:** Consta de un maniquí de fibra de vidrio, al cual se le colocaron sensores. Además unas maquetas que simularan los órganos humanos como: Corazón, pulmones, tráquea.
- **Desfibrilador:** Es una maqueta construida con MDF a la que se adaptaron componentes electrónicos para que funcione como un desfibrilador manual

4 Construcción del Simulador

El simulador cuenta con parte hardware: Maniquí y Desfibrilador. Y parte software: Interfaces de control. Para el diseño de este proyecto se utilizó el programa Labview [11].

4.1 Monitor de Signos Vitales

Mediante esta interfaz (Figura 1) el alumno puede interpretar de manera eficaz los signos vitales de un paciente. Los parámetros cuentan con alarmas y límites. Cuando el monitor detecta ciertas condiciones que requieren la atención del usuario, entra en un estado de alarma.

- **Presión Arterial:** En este caso se controlan dos variables: La presión sistólica y diastólica, mediante un slider cada una. La presión media es el resultado de una relación matemática de estas dos presiones. Basta que cualquiera de ellas salga de su rango para que se activen las alarmas.
- **Saturación Porcentual de Oxígeno:** Se podrá variar su valor con el slider, cuenta con dos tipos de alarmas que responderán según el problema médico que se esté simulando
- **Frecuencia Respiratoria:** Muestra el valor deseado
- **Frecuencia Cardíaca y ECG:** En el menú de ECG_Tipos de Ondas, podemos encontrar el nombre de las arritmias cardíacas (tomadas de la bibliografía) [12] que se pueden simular y se verán sus ondas en el ECG, cada arritmia fue dibujada con la ayuda de la herramienta Labview Simulate Arbitrary Signal Express VI, teniendo en cuenta la precisión que requiere cada onda. Al seleccionar el tipo de arritmia, los valores de la frecuencia cardíaca se podrán variar según sus límites numéricos correspondientes. Así por ejemplo si se escoge un ritmo cardíaco normal, el valor de la frecuencia cardíaca sólo podrá variarse entre 60 – 100 lpm, o si se escogiera taquicardia solo nos podrá permitir variar los valores entre 101 – 400 lpm

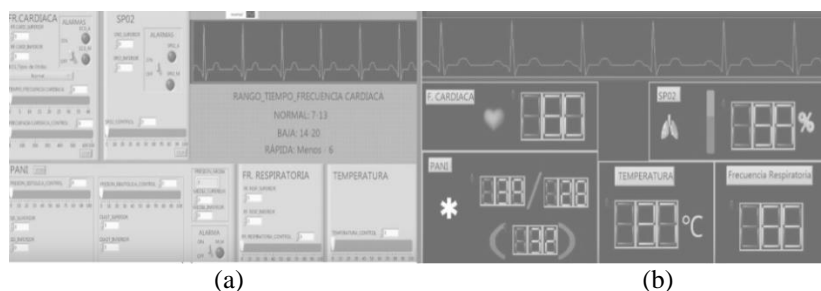


Fig. 1. Monitor de Signos Vitales: (a) Sala de Control. (b) Sala Alumno

- **Prioridad de la Alarma:** Las respuestas visuales y acústicas que emite el monitor al detectar una situación de alarma dependen de la prioridad (alta y media) asignada a la situación detectada.

- a) **Prioridad Alta**
 - Asistólica: Sin latidos cardiacos
 - Pérdida de pulsación de SpO₂
- b) **Prioridad Media**
 - Superados los límites superior/inferior de frecuencia cardiaca
 - Superados los límites superior/inferior de SpO₂
 - Superados los límites superior/inferior de presión arterial sistólica/diastólica/media [13].

Tabla 1. Indicadores Sonoros de la alarma para cada tipo de prioridad.

Categoría de la alarma	Frecuencia de los pitidos
Prioridad alta	Aprox. 3 pitidos/Seg.
Prioridad media	Aprox. 1 pitido/Seg.

Tabla 2. Indicadores Visuales de la alarma

Categoría de la alarma	Frecuencia de parpadeo
Prioridad alta	Aproximadamente 2 parpadeos/Seg.
Prioridad media	Aproximadamente 0.5 parpadeos/Seg.

4.2 Paciente Electrónico

Con un maniquí de medio cuerpo (**Figura 2**) al cual se le han adaptado sensores y maquetas que imiten órganos, en conjunto simulan el comportamiento de un paciente.

- **Órganos:** Estos se han elaborado con intención de ayudar en la práctica de ejercicios clínicos
 - a) **Corazón:** Se ha ubicado sobre un resorte para realizar el masaje cardiaco. En la parte inferior del resorte se colocó un sensor de distancia (Sharp GP2Y0A21YK) para poder distinguir la compresión y relajación
 - b) **Aparato Respiratorio:** Para lograr la simulación de la inspiración y espiración se han colocado globos (simulando los pulmones), los cuales reciben el aire desde un tubo, que finge una tráquea, que va desde la boca hasta los pulmones. Sobre cada uno de los globos se colocó un sensor piezo eléctrico que mida la vibración que realizan los globos cuando llega el aire. También se puede observar la elevación del tórax y escuchar el paso del aire a los pulmones con el uso del estetoscopio

- c) **Boca:** Se encuentra la entrada del tubo por donde circula el aire, además cuenta con leds en sus costados para que simulen un cuadro de cianosis
- **Placa Arduino:** Se utilizó una Placa Arduino Uno, en donde se van a leer sensores analógicos; leer y escribir datos digitales. Para la comunicación entre Arduino y Labview, se utilizó el Toolkit Arduino para Labview, de esta forma la placa actúa como una tarjeta de adquisición de datos.

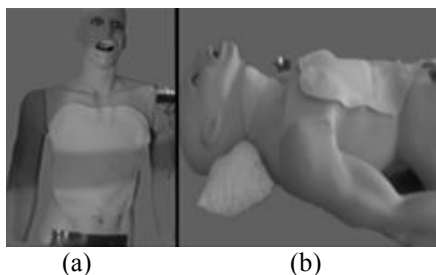


Fig. 2. Paciente electrónico: (a) Toma general. (b) Toma lateral horizontal.

5 Interfaz Paciente

Con los indicadores visuales de ésta interfaz (ver Fig.3) se observa cómo interactúan los alumnos con el paciente electrónico.



Fig. 3. Interfaz gráfica del paciente con sus diferentes indicadores.

- **Indicador del Sistema Respiratorio:** Este indicador cambiará de un estado a otro solo cuando se realice adecuadamente la técnica de ventilación con el ambú o mediante la ventilación boca a boca. Mostrará una imagen de los pulmones en espiración e inspiración
- **Indicador de Masaje Cardiaco:** Nos señalará como se está realizando la práctica del masaje, mediante la distancia que mide el sensor, la figura mostrará la relajación y compresión del tórax y del corazón

- **Indicador de Tratamiento Terapéutico:** En cada recuadro se coloca el nombre del medicamento que se va a utilizar y mediante la designación de los tags y colores, sabremos que sustancia se está suministrando. Estos medicamentos se colocarán por medio de un equipo de venoclisis armado con pulsadores y leds, que se encuentra en el brazo del simulador
- **Cuadro de Cianosis:** Al activar esta opción (On – Off) la boca del paciente se pondrá de color azul, lo que manifiesta falta de oxígeno
- **Indicador del Desfibrilador:** Al realizar la descarga de manera correcta, los indicadores **cambiarán** de estado. La carga de Joule se muestra mediante el llenado de una barra., junto con un indicador numérico
- **Asignación de Puertos:** Al conectar tanto el maniquí como la tarjeta de comunicación del desfibrilador se colocarán sus puertos respectivos según como lo designe el computador

6 Desfibrilador

El circuito funciona de la siguiente manera. Mediante el potenciómetro, que se conecta a la entrada analógica del microcontrolador, se regula el voltaje de 0-5v para ser llevado a una escala que se pueda relacionar con niveles de energía que se muestran en los desfibriladores manuales. La carga y descarga se puede hacer mediante pulsadores del mismo desfibrilador (**Figura 4a**), o los que se encuentran en las palas: Ápice y Esternón (**Figura 4b**) y una pantalla LCD, muestra los valores de los Joule e indica el momento de carga y descarga. Ya que éste equipo debe tener una movilidad ilimitada, su comunicación con la interfaz deberá ser de forma inalámbrica, para lo cual se utilizó Módulos Xbee Zigbee [14].

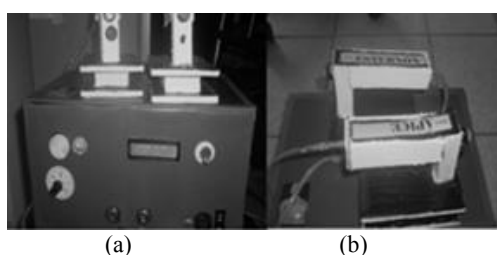


Fig. 4. Desfibrilador: (a) Toma frontal. (b) Palas del desfibrilador

6 Pruebas y Resultados

Para las pruebas, primero se expuso el funcionamiento del equipo. Se mostraron los comandos de las interfaces, y la interpretación de ellas. Seguido, los docentes iniciaron unas primeras pruebas junto con sus alumnos, para experimentar el nuevo método de enseñanza, practicar el masaje cardiaco, analizar lo mostrado en la interfaz

paciente, el manejo del desfibrilador o el uso de medicamentos ante el caso simulado, para finalmente evaluar todo en conjunto. Al realizar las pruebas con alumnos y docentes de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, se obtuvo el juicio de que el simulador electrónico era aprobado, ya que les permitía una nueva forma de evaluación más objetiva y así mejorar las habilidades de los alumnos de forma íntegra, y valorar la parte teórica y práctica de los alumnos. Si sumamos a esto el costo del simulador, el proyecto es viable tanto para la parte educativa y económica. A diferencia de los simuladores usados en las universidades peruanas, este simulador permite una evaluación más objetiva, ya que el maniquí está conectado a un computador y mediante una interfaz se observan las acciones realizadas por los alumnos en el simulador; lo cual permite que el docente identifique si se está realizando la técnica de manera correcta, además la interfaz permite al profesor crear diferentes casos clínicos aumentando la gama de posibilidades en una evaluación y enriqueciendo la experiencia del alumno, todo esto en un solo simulador

7 Conclusiones

- Con el simulador se innovará en la enseñanza médica.
- La evaluación es de forma objetiva y permite con precisión adquirir y mejorar las prácticas de maniobras médicas.
- La familiarización con este nuevo método fue sencilla y rápida.
- No sólo se evalúa al alumno en la parte teórica y práctica, sino también en lo emocional en las diferentes situaciones médicas que se puedan simular, llevando al alumno a tomar decisiones frente a cualquier caso clínico.
- Promueve el trabajo en equipo, el debate e intercambio de ideas.
- Coloca al alumno en un estado crítico, analítico y ágil para resolver cualquier caso clínico, tomando decisiones por sí solo.

Referencias

1. Dickinson M, Hernández C: Importancia de la inteligencia emocional en Medicina, Facultad de Medicina Humana, Universidad Nacional Autónoma de México, 31 de Marzo de 2014
2. Diario Hola ciudad!: Simuladores médicos para distinguidos pacientes, 04 de Setiembre del 2014, disponible:
URL:http://www.holaciudad.com/vida_y_estilo/salud/Simuladores-medicos-distinguidos-pacientes_0_731327271.html
3. Delgado T., Escalante C., González A., Solares G.: Simuladores en la enseñanza médica en el pregrado, ¿novedad o necesidad? Vol. 122 (20), (2004), 1-3
4. Lizaraso Caparó F.: Simuladores para la enseñanza de la medicina o simulación de la enseñanza. Rev Horiz Med .Vol. 12 (1), (2012), 1-7
5. Root P., Small S., Ziv A.: Medical Teacher 2000, Editorial, (2000) Vol. 22 (5), 489-95
6. Field M., Gordon J., Lehman H., War J.: Communication and information technology in medical education. Lancet (2001) Vol. 357 792-796
7. Gutierrez J., Posada R.: Tendencias mundiales en educación médica. IATREIA (2004), Vol. 17 (2) 130-138

8. Bair A.: Simulators in Critical Care and Beyond, Academic Emergency Medicine, (2005) Vol. 12 (6) 577
9. Balager E., Martinez J., Rey G., Visconti A.: Simuladores en ginecología y obstetrician. Experiencia en la enseñanza de pregrado. Educación Médica (2006), Vol. 9 (4B) 229-233
10. Dieguez J.: Importancia de los simuladores virtuales en la docencia de cirugía abdominal mínimamente invasiva. Rev Horiz Med (2010), Vol. 10 (1) 42-46
11. National Instruments, *LabVIEW™* User Manual, April 2003 Edition,
12. Harrison: Principios De Medicina Interna, Edición 18, Vol. 2, ISBN:978697150273
13. Philips Medical Systems, Desfibrilador/Monitor Heartstart XL, Edición 7, Mayo 2006
14. Digi International ,XBee/XBee-PRO ZB RF Modules,Inc., March 2012