

## Sistema digital para la gestión de historias clínicas electrónicas almacenadas en iButtons bajo el estándar internacional HL7/CDA

*Edgar Lugo, Roberto Muñoz, Carla C. Vilachá, Angel Villegas, José Pacheco*  
*Escuela de Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela*  
*Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela*

*E-mail: ealugo@uc.edu.ve, rcmunoz@uc.edu.ve, ccvilacha@gmail.com, avillegas@uc.edu.ve, jpacheco@uc.edu.ve*

### Resumen

El objetivo de este trabajo de investigación es crear un sistema digital que permita la gestión de historias clínicas electrónicas (HCE) codificadas bajo el estándar internacional Health Level 7/Clinical Document Architecture (HL7/CDA), y guardarlas en dispositivos portátiles de almacenamiento digital llamados iButtons. Para ello, se diseñó e implementó una interfaz de hardware capaz de leer y almacenar las HCE en los iButtons, la cual es conectada al computador personal a través de una conexión USB. Adicionalmente, fue desarrollada una aplicación software capaz de ejecutar acciones de lectura y escritura, sobre las HCE almacenadas en los iButtons, para luego mostrar las mismas a través de una interfaz gráfica al usuario. El software fue desarrollado utilizando la metodología de desarrollo de software Programación Extrema y el lenguaje de programación Visual Basic .NET. La interfaz de hardware construida fue capaz de reconocer cualquier tipo de iButton, y realizar acciones de lectura y escritura de datos sobre los mismos. Por otra parte, el sistema permitió crear una nueva HCE sin información, en conformidad con el estándar internacional HL7/CDA, añadirle información, visualizarla y actualizarla en el iButton. El sistema digital para la gestión de las HCE, ofrece una manera sencilla de gestionar y visualizar historias clínicas codificadas en HL7/CDA, y permite que el paciente siempre lleve consigo una versión actualizada de su historia clínica donde quiera que vaya.

**Palabras clave:** Historias clínicas, HL7/CDA, iButton.

## Digital system for managing electronic medical records stored on iButtons under the international standard Of HL7/CDA

### Abstract

The objective of this research is create a digital system that enables management of electronic medical records (HCE) codified under the international standard Health Level 7/Clinical Document Architecture (HL7/CDA), and save them in portable digital storage devices called iButtons. For this purpose, a hardware interface capable of reading and writing the HCE in iButtons chips was designed and built. The hardware connects to the personal computer by USB port. Additionally, a software application capable of reading and writing the HCEs stored in the iButtons and then show them through a graphical interface to the user was developed. The software was developed using the methodology of software development Extreme Programming and Visual Basic .NET programming language. The hardware interface built its able to recognize any iButton and perform read/write operations in them. Moreover, the system created a totally new HCE without information, in accordance with international standard HL7/CDA and then adds, shows and updates information to the iButton's non volatile memory. The digital system for the management of HCE offers an easy way to manage and visualize medical records codified in HL7/CDA and allows to the patients always carry on an updated version of their medical history wherever they go.

**Keywords:** Medical records, HL7/CDA, iButton.

### 1. INTRODUCCIÓN

Las historias clínicas electrónicas (HCE) han sido un campo de investigación clave en informática

médica. Según Iakovidis I. [1], una HCE es la información médica de la vida de una persona almacenada digitalmente, con el propósito de soportar la continuidad del cuidado médico, la educación y la investiga-

ción, asegurando la confidencialidad de su contenido en todo momento.

En la actualidad, las organizaciones que prestan servicios de salud almacenan las historias clínicas electrónicas en todo tipo de formatos propietarios, y son gestionadas en una multitud de sistemas de información médica disponibles en el mercado, tales como MedicWare EMR, HealthFrame, MedFile. Esta situación se convierte en un serio problema de interoperabilidad en el campo de la informática médica [2].

Organizaciones, investigadores e industrias, entre las cuales se destacan Health Level 7, el Comité Europeo de Normalización, IEEE, ANSI, ASTM y ACR-NEMA entre otros, se han dedicado a desarrollar estándares para normar el almacenamiento de la información de un paciente en HCE a nivel mundial, y así permitir la interoperabilidad entre los sistemas de información médica.

Este trabajo de investigación presenta, un sistema digital para la gestión de historias clínicas electrónicas, codificadas en el estándar internacional HL7/CDA versión 2, las cuales a su vez son almacenadas en un dispositivo electrónico portátil llamado iButton®, el cual será entregado al paciente, para que lleve consigo toda su información médica actualizada donde quiera que vaya.

## 2. MATERIALES

En esta sección se reseñan brevemente los materiales más importantes para el desarrollo de esta investigación.

### 2.1. Health Level Seven -Clinical Document Architecture

Health Level Seven (HL7) es una organización, acreditada por ANSI (American National Standards Institute) en el campo de la salud, cuya misión es proveer estándares para el intercambio, gestión e integración de datos que apoyen el cuidado clínico del paciente, específicamente relacionados con la interoperabilidad entre sistemas de información en el ámbito de la salud [2].

Health Level Seven, produjo la especificación HL7 versión 2, aprobada por ANSI en el año 2004 [3].

En la actualidad, HL7 versión 2 es el estándar de mayor utilización en el campo de la salud a nivel mundial, para el intercambio de datos clínicos y administrativos entre aplicaciones de software [4]. Sin embargo, esta versión produjo inconvenientes debido a su gran flexibilidad y a la carencia de un modelo de información que la soportara. Para remediar esto, surge la especificación HL7 versión 3 [5], basada en el Modelo de Referencia de Información (RIM) [6]. Es en esta especificación que se propone un estándar de documentos basados en etiquetas para representar las historias clínicas electrónicas (HCE) llamado Clinical Document Architecture.

Clinical Document Architecture (CDA) versión 2.0, surge para dar respuesta a la necesidad de intercambio de historias clínicas electrónicas de manera estandarizada entre sistemas. HL7/CDA es un estándar de documentos que especifica la estructura y la semántica de los documentos clínicos utilizando XML, con la finalidad de hacer posible su intercambio [7].

### 2.2 iButton

El iButton, es un circuito integrado contenido en un botón de 16mm de espesor de acero inoxidable. El iButton, puede ser utilizado casi en cualquier lugar, ya que es lo suficientemente resistente para soportar ambientes extremos, en interiores o al aire libre. Adicionalmente, es un dispositivo pequeño y portátil, que puede ser utilizado diariamente para aplicaciones tales como control de acceso y diversas tareas de registro de datos [8]. La Figura 1, muestra una imagen del iButton.

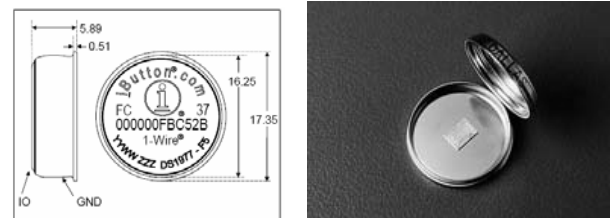


Figura 1. iButton

El iButton utiliza su exterior de acero inoxidable como interfaz física de conexión. Cada iButton, tiene un contacto de entrada salida, y otro de tierra. Cada uno de estos contactos, está conectado con el circuito integrado que se encuentra contenido en el botón. Los dos contactos están separados por un anillo polipropileno, el cual brinda el aislamiento necesario para el funcionamiento del dispositivo. El iButton

puede establecer una comunicación empleando el protocolo 1-Wire. La interfaz de comunicaciones 1-Wire tiene dos velocidades de trabajo: el modo estándar a 16kbps, y el modo *overdrive* a 142kbps. Cada iButton, posee un serial inalterable, grabado en la memoria ROM del dispositivo. El fabricante Dallas Semiconductor, garantiza que cada iButton presenta un serial único e irreplicable. Este serial puede ser utilizado como llave o identificador para cada botón [8].

### 2.3 Visual Studio 2005 Express Edition

El Visual Studio 2005 Express Edition, es un entorno de desarrollo integrado utilizado para implementar aplicaciones de software. En este entorno de programación es posible utilizar los lenguajes de programación Visual Basic .NET (VB.NET), Visual C#, Visual C++ y Visual J#. El Visual Studio 2005 en su versión Express es un producto gratuito [9].

### 2.4 1-Wire Software Developer's Kit (SDK)

El Kit de Desarrollo de Software 1-Wire, es un conjunto de librerías, suministradas gratuitamente por la empresa Dallas Semiconductor, las cuales permiten implementar aplicaciones de software bajo la plataforma Windows, que requieran comunicarse con un dispositivo de hardware, utilizando el protocolo 1-Wire para enviar y recibir información.

En la actualidad Dallas Semiconductor, ofrece a los desarrolladores de software cinco (05) paquetes de librerías : 1-Wire Public Domain, 1-Wire API for JA-

VA (OWAPI), 1-Wire COM (OWCOM ), 1-Wire API.NET y 1-Wire TMEX API [10]. La selección del paquete de librerías a utilizar depende del sistema operativo y lenguaje de programación que se desea emplear. En este proyecto se utilizó el **1-Wire API.NET**.

## 3. METODOLOGÍA

El desarrollo del software fue realizado siguiendo la metodología ágil de desarrollo de software Programación Extrema (XP) [11], en sus fases de planificación, diseño, codificación y pruebas. La Programación Extrema no exige realizar ningún tipo de documentación del software, adicional a su código fuente, pero fue decisión de los autores agregar artefactos UML (*Unified Modeling Language*) [12] para dar mayor formalidad al desarrollo del software de esta investigación.

En la fase de planificación, se realizó una encuesta tipo cuestionario de ocho preguntas al gremio médico. Esta encuesta, permitió determinar la información que debía contener una historia clínica electrónica, y el orden en el cual debía ser presentada, para cubrir las necesidades de los médicos tratantes. Todos los requerimientos planteados por el gremio médico fueron asentados en historias de usuario, según lo indica la metodología de desarrollo de software XP. Todas las funcionalidades derivadas, de los requerimientos planteados por el gremio médico y propuestas por los autores, fueron diagramadas y especificadas a través de Diagramas de Casos de Uso de UML. El Diagrama de Casos de Uso general se muestra en la Figura 2.

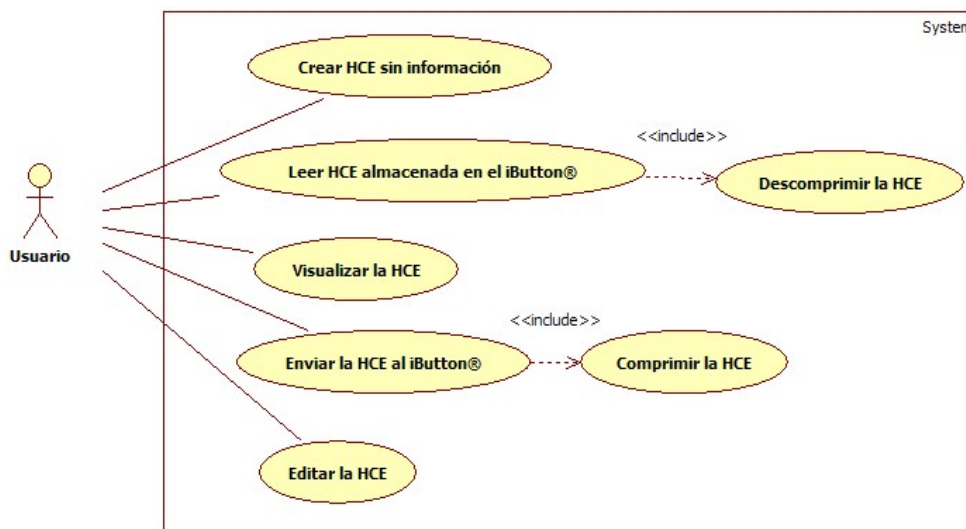


Figura 2. Diagrama de Casos de Uso General del Sistema Digital para la Gestión de HCE almacenadas en iButtons.

En la fase de diseño, se describe la arquitectura del sistema digital para la gestión de historias clínicas electrónicas, el cual cuenta con una arquitectura de software de 3 capas (Almacenamiento, Lógica del Negocio y Presentación). La capa de Almacenamiento está representada por el documento HL7/CDA guardado en el iButton. El documento HL7/CDA es enviado a través de la interfaz de hardware a la capa de Lógica de Negocio, la cual procesa la información que contiene el documento HL7/CDA a través de clases, y luego entrega dicha información a la capa de Presentación, para ser desplegada en una interfaz de usuario, a través de un navegador de Internet. El escenario de funcionamiento del software se muestra en la Figura 3.

Luego de haber planteado el escenario de funcionamiento, se realizó un diagrama de estados, el cual describe el comportamiento deseado en el sistema digital para la gestión de historias clínicas electrónicas. El diagrama de estados se muestra en la Figura 4.

Concluido el diseño del comportamiento deseado para el software a desarrollar se inició la fase de codificación. En esta fase se realizó una revisión del estándar Clinical Document Architecture Release 2.0, la cual permitió determinar las etiquetas que conforman dicho estándar, su significado dentro del documento clínico y el orden que les corresponde dentro del mismo.

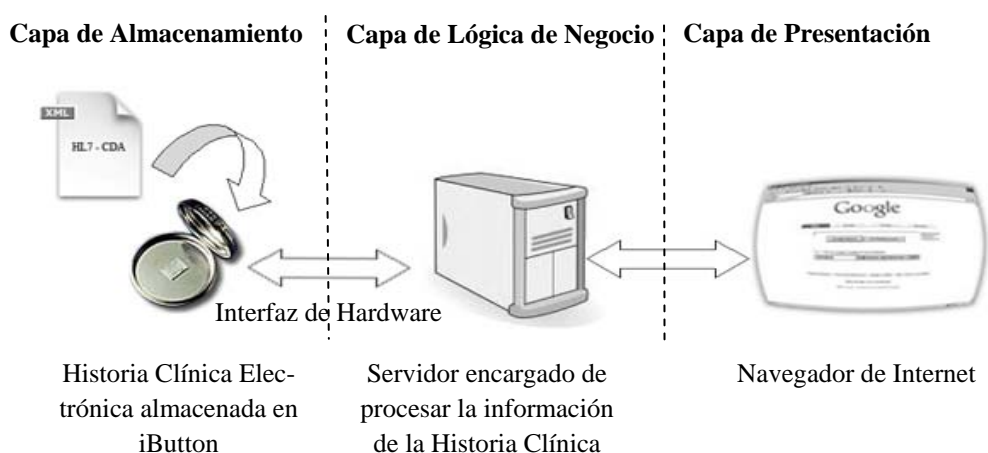


Figura 3. Escenario de funcionamiento del Sistema Digital para la Gestión de HCE almacenadas en iButtons®.

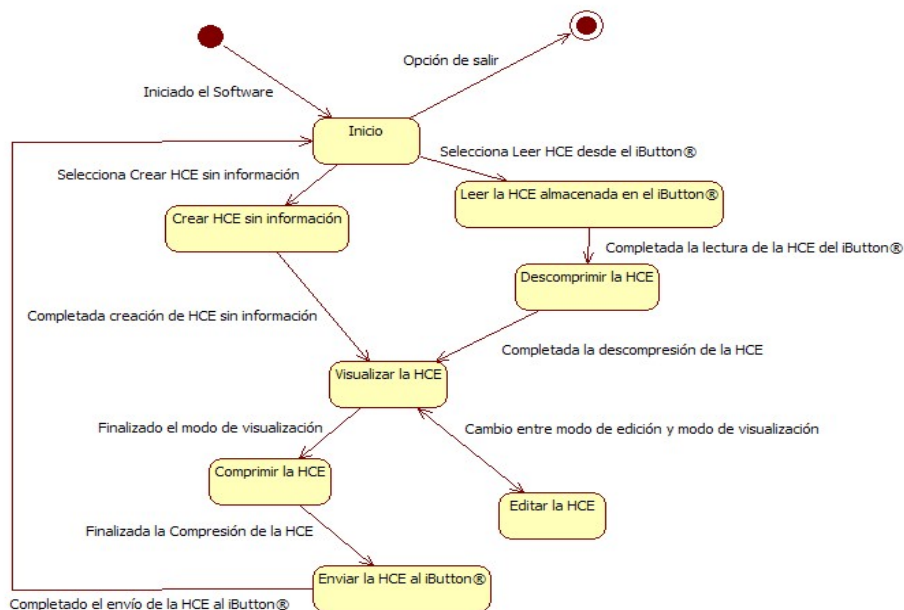


Figura 4. Diagrama de Estados del Sistema Digital para la Gestión de HCE almacenadas en iButtons.

La comprensión de cada una de estas etiquetas se vio favorecida por la utilización de un archivo XSLT (*Extensible Stylesheet Language Transformations*) [13], provisto por HL7 y denominado cda.xsl, el cual permite transformar una historia clínica electrónica codificada en HL7/CDA, en código HTML (*HyperText Markup Language*) [14], para ser visualizada en cualquier navegador de Internet. El uso de este archivo de conversión permitió distinguir con mayor claridad cada uno de los elementos que conforman la historia clínica electrónica y ofrecer un modo de solo lectura para el software a desarrollar en este proyecto de investigación.

Michael Qualls. [15], propone la edición de un archivo XML, utilizando XSLT y el lenguaje de programación ASP, a través de un navegador de Internet. Esta solución coloca la información del documento XML, dentro de campos de texto editables, y luego de realizar las modificaciones correspondientes, se envían los cambios reemplazando la información en el archivo XML original. Esta solución se ilustra en la Figura 5.

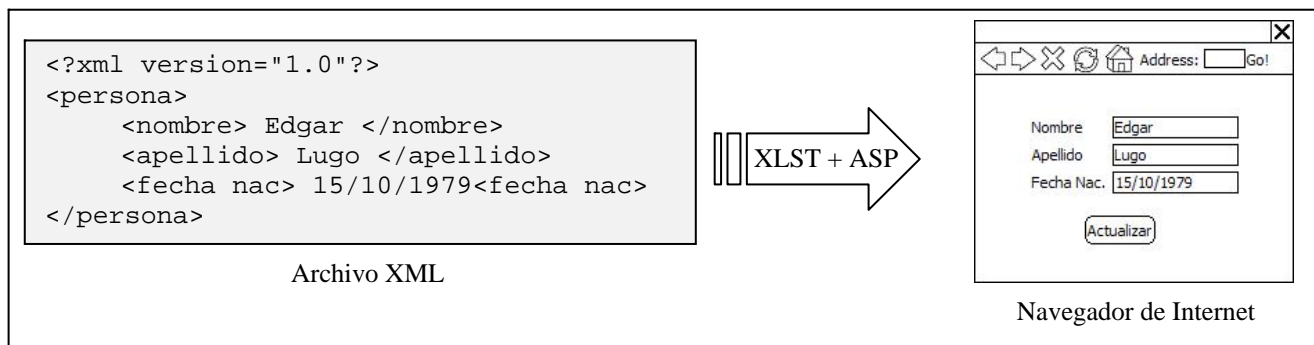


Figura 5. Solución propuesta por Qualls.

La propuesta de Qualls, junto al documento XSLT provisto por la organización HL7 y modificado por los autores, hace posible la edición de las historias clínicas electrónicas basadas en HL7/CDA. A pesar de la interesante propuesta de Qualls, fue necesario realizar una reingeniería del código fuente, para transformar el código fuente original al lenguaje de programación VB.NET, en Visual Studio 2005. Esta transformación, permitió posteriormente realizar la integración de otras funcionalidades y librerías necesarias para desarrollar la solución propuesta en esta investigación.

Las modificaciones de los autores sobre el documento XSLT original provisto por la organización

HL7, fueron almacenadas en el archivo cdaEditable.xsl. En este documento se realizan inicialmente las transformaciones a HTML, de los datos permanentes o que cambian pero con muy poca frecuencia dentro de la historia clínica electrónica, como por ejemplo: número de historia clínica, nombre del paciente, fecha de creación de historia clínica, entre otros. Estos datos tienen una ubicación exacta dentro de la historia clínica electrónica codificada en HL7/CDA, por tal motivo dentro del documento de transformación cdaEditable.xsl, se especifica la ruta en XPath (*XML Path Language*) [16], de donde será extraída dicha información. Luego, es transformado el restante de la información de la historia clínica electrónica, conformada por secciones que pueden variar, dependiendo de algunos factores como por ejemplo: el tipo de HCE, institución donde fue generada la HCE, entre otros. Por tal motivo se hizo necesario, realizar un recorrido completo de la HCE, y al llegar a la información que se deseaba mostrar, extraerla y transformarla en HTML, manteniendo el formato original de tablas, viñetas o texto simple. Para desplegar la información en modo edición, fueron utilizados campos de texto editables, si-

guiendo la propuesta de Qualls. Adicionalmente, los autores utilizaron por cada campo de texto editable, un campo de texto escondido, el cual contiene la ruta exacta en XPath de donde fue extraída dicha información dentro de la historia clínica electrónica, para posteriormente actualizar correctamente los cambios realizados por el usuario.

Concluido el desarrollo del módulo responsable de la gestión de la información de la historia clínica codificada en HL7/CDA, se procedió a seleccionar el tipo de iButton, requerido para almacenar, leer y actualizar una historia clínica electrónica de tamaño promedio (30Kb). Este promedio fue calculado utilizando un conjunto de documentos HL7/CDA, provistos por

varios países y proyectos de investigación, para uso educativo al repositorio en línea de Ringholm [17]. Las características tomadas en cuenta para la selección del iButton fueron: el tipo y tamaño de la memoria, el área de aplicación recomendada por el fabricante, el costo y la vida útil. Los tipos de iButton disponibles en el mercado para almacenar información y actualizar la historia clínica electrónica se muestran en la Tabla 1.

Luego de la evaluación de los iButton disponibles en el mercado, se seleccionó el modelo **DS1977**, ya que representa un dispositivo de almacenamiento de lectura/escritura; su costo es menor a los modelos con memoria NVRAM y su vida útil es ideal para conservar la historia clínica de un paciente por un largo periodo de tiempo. El DS1977, ofrece 32Kb de memoria, organizados en 509 páginas de 64 bytes cada una, con lo cual también satisface los requerimientos de capacidad de almacenamiento requeridos para su aplicación en esta investigación. El acceso a la memoria del DS1977, se puede realizar a través de dos contraseñas diferentes, una es de sólo lectura y la otra da acceso de lectura/escritura a la información contenida en la memoria. Según el fabricante, entre las aplicaciones del DS1977 se pueden nombrar las siguientes: Almacenamiento de datos de inspecciones y mantenimientos, **Portador de datos médicos** y Auditoria de almacenamiento de datos [18].

Una vez seleccionado el iButton, fue necesario construir una interfaz de hardware, para intercambiar

información entre el computador personal (PC) y el iButton, utilizando el protocolo 1-Wire. Esta interfaz de hardware, debía ser capaz de leer la información almacenada en el DS1977 y enviarla al PC, y adicionalmente escribir la información enviada desde el PC en el DS1977. Para la construcción la interfaz de hardware se requirió del uso de dos (02) componentes principales:

- **FT232RL:** Este circuito integrado se encarga de realizar la conversión de USB (*Universal Serial Bus*) a Serial (con niveles de voltaje compatibles con la TTL). Se presenta en un encapsulado SSOP de 28 terminales [19], el cual pese a ser de dimensiones reducidas no requiere del uso de técnicas o maquinarias de soldadura especiales, pudiendo ser instalado de forma manual. El circuito integrado requiere para su funcionamiento con el PC, de un controlador, el cual puede ser descargado gratuitamente desde la página Web de Future Technology Devices International Ltd. ([www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com)), y está disponible para diferentes versiones de los sistemas operativos Windows, Linux y MAC.
- **DS2480B:** Este circuito integrado es un convertidor de puerto serial a 1-Wire, el cual permite a cualquier maestro (host) con comunicación serial de UART, realizar operaciones con el protocolo 1-Wire y devolver los resultado a dicho host. La Figura 6, muestra el esquema de funcionamiento simplificado del DS2480B.

Tabla 1. Modelos de iButton disponibles en el mercado.

Modelo	Tipo de memoria		Tamaño de la memoria	Aplicación	Costo	Vida útil
DS1992L	NVRAM	La fuente de energía de litio es ideal para el típico entorno iButton en el que el contacto eléctrico puede ser intermitente.	1 KB	Se utilizan para aplicaciones que necesitan actualizar datos con una alta frecuencia.	Alto	Menor a los 10 años
DS1993L			4 KB			
DS1995L			16 KB			
DS1996L			64 KB			
DS1982	EPROM	Permiten escribir en la memoria del iButton hasta que esta se encuentre llena.	1 KB	Se utilizan cuando los datos deben ser permanentes y solo se adiciona información a la ya existente	Moderado	Menor a los 10 años
DS1985			16 KB			
DS1986			64 KB			
DS1971	EEPROM	Son dispositivos de lectura y escritura.	256-Bit	Se utilizan para aplicaciones que necesitan actualizar datos, pero no con una alta frecuencia.	Bajo	Mayor a los 10 años.
DS1972			1024-Bit			
DS1973			4 KB			
DS1977			32 KB			

funcionamiento simplificado del DS2480B.



Figura 6. Esquema simplificado de funcionamiento del DS2480B.

En este proyecto, el computador se comunica mediante el puerto USB con el integrado FT232RL y este a su vez con el DS2480B, de esta manera se estableció una interfaz de hardware, la cual permite lograr la comunicación con los dispositivos 1-Wire. La interfaz de hardware construida, para el intercambio de información entre la PC y el iButton, se muestra en la Figura 7.

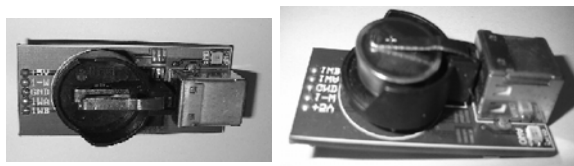


Figura 7. Interfaz de hardware para el intercambio de información entre la PC y el iButton.

La misma contiene un soporte para permitir la colocación de un único iButton, un LED bicolor que permite conocer el estado de operatividad del equipo y un conector hembra USB tipo B, el cual permite su uso con cualquier cable de impresora USB estándar. En la parte inferior se encuentra ubicado un conector estándar de 0,1" el cual puede ser utilizado para conectar simultáneamente otros dispositivos 1-Wire aprovechando la capacidad intrínseca de trabajo en red de esta tecnología.

Luego de haber construido la interfaz de hardware, fueron descargados e instalados los controladores de 1-Wire, provistos gratuitamente por la empresa Dallas Semiconductor MAXIM, para acceder a la interfaz de hardware, a través de un puerto COM del sistema operativo Windows. Dallas Semiconductor MAXIM, también provee un software denominado 1-Wire Net Port Selection, el cual permite especificar el puerto COM, en el cual estará conectada la interfaz de hardware. Si se desconoce el puerto COM al cual está conectada la interfaz de hardware, el 1-Wire Net Port Selection posee una opción de auto detección, para solucionar este inconveniente.

Al detectar la interfaz de hardware, se realizó una prueba de identificación de un iButton, utilizando un proyecto desarrollado en Visual Studio 2005, provisto por Dallas Semiconductor. El resultado obtenido fue el reconocimiento inmediato del iButton, permitiendo de esta manera constatar el correcto funcionamiento de la interfaz de hardware desarrollada. Dicho resultado se muestra en la Figura 8.

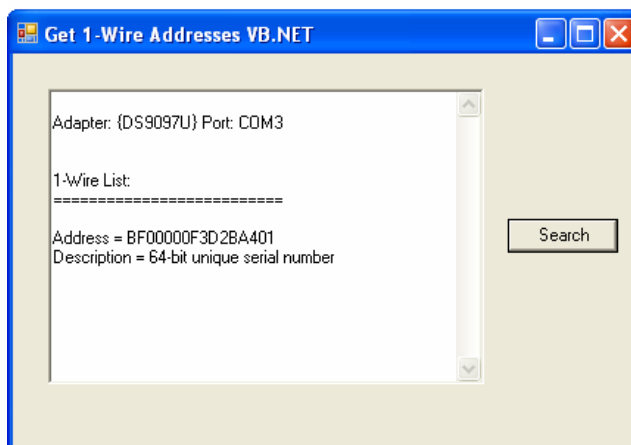


Figura 8. Verificación de identificación de un iButton.

Para integrar las funcionalidades de lectura y escritura de información en un iButton, a través de la interfaz de hardware desarrollada, al módulo de gestión de historias clínicas electrónicas, fue desarrollada una librería llamada iButtonCom, utilizando como apoyo principal el proyecto provisto por Dallas Semiconductor. La librería iButtonCom contiene los métodos RecibirArchivo y EnviarArchivo. El método RecibirArchivo, solicita acceso exclusivo a la red 1-Wire y posteriormente fija la velocidad de transmisión de la interfaz de hardware. Luego procede a leer la página cero de la memoria del iButton, en donde están almacenados los valores correspondientes al tamaño de la historia clínica electrónica en bytes y el número de páginas utilizadas para almacenar dicha historia clínica electrónica. Conocidos estos valores, se inicia un recorrido desde la página uno, hasta la última página utilizada por información de la historia clínica electrónica. Por cada página se leen 62 bytes, los cuales son almacenados en un vector temporal, hasta concluir el recorrido de todas las páginas de memoria. Construido el vector de bytes con la información del iButton, se procede a escribir todo el vector en un archivo almacenado en la PC, para luego finalizar el modo exclusivo a la red 1-Wire y liberar el puerto utilizado para la comunicación con la interfaz de hardware. El archivo

almacenado en la PC es el utilizado por el módulo de gestión de historias clínicas electrónicas para su posterior edición y actualización.

El método `EnviarArchivo`, toma como insumo el archivo que contiene la HCE actualizada y codificada en HL7/CDA. Este archivo es convertido a un vector de bytes. Luego se solicita acceso exclusivo a la red 1-Wire y posteriormente fija la velocidad de transmisión de la interfaz de hardware. La PC solicita a la interfaz de hardware la cantidad de páginas de memoria que posee el `iButton`. En la primera página de la memoria del `iButton`, son almacenados el tamaño de la HCE codificada en HL7/CDA y la cantidad de páginas de memoria necesarias para almacenarla, de esta manera es posible verificar si la HCE no excede la capacidad de memoria del `iButton`, antes de realizar todo el proceso de escritura. Almacenados estos valores, se inicia la escritura de la HCE en la memoria del `iButton`. El proceso de escritura de la HCE se inicia desde la página 2, escribiendo 62 bytes del vector donde fue almacenada temporalmente la HCE actualizada. Luego se escriben en la página 3, los siguientes 62 bytes de la HCE y así sucesivamente hasta concluir la escritura de la HCE completa en el `iButton`. Concluida la escritura de la HCE en el `iButton`, se finaliza el modo exclusivo a la red 1-Wire y se libera el puerto utilizado para la comunicación con la interfaz de hardware.

A fin de aumentar la capacidad de almacenamiento del `iButton`, se dispuso desarrollar una librería de compresión denominada `UtilCompresion`. Esta librería se basa en funciones de compresión disponibles en el espacio de nombres `System.IO.Compression` [20] del Framework 2.0 de .NET. Todas las funciones de compresión de este namespace, están basadas en el formato GZip, disponible en la RFC 1952 [21]. La librería `UtilCompresion`, posee un método para descomprimir las HCE y otro para comprimirlas. El método de descompresión fue integrado al método `RecibirArchivo` de la librería `iButtonCOM`, y a su vez el método de compresión fue anexado al método `EnviarArchivo` de la misma librería, con lo cual ahora las HCE serían almacenadas en formato GZip dentro del `iButton`, obteniendo una mejor utilización de la capacidad de almacenamiento del `iButton`.

#### 4. RESULTADOS

El sistema para la gestión de historias clínicas electrónicas funcionó correctamente en el sistema ope-

rativo Windows XP Service Pack 2. El sistema permitió crear una nueva historia clínica electrónica sin información, en conformidad con el estándar internacional HL7/CDA, añadirle información, visualizarla y actualizarla. En vista de la utilización de XSLT para la visualización y edición de las HCE, es posible establecer cualquier formato de orden, ubicación de los elementos de la historia clínica, tipo de letra y colores, sin necesidad de modificar el código fuente del software, con lo cual se ofrece la flexibilidad de que cada institución de la salud, pueda desarrollar uno o más archivos XSLT para visualizar y editar la información de las historias clínicas en conformidad con HL7/CDA, tal como lo desee.

La interfaz de hardware construida es capaz de reconocer cualquier tipo de `iButton`, y realizar acciones de lectura y escritura de datos sobre los mismos. Por otra parte, la interfaz de hardware desarrollada en esta investigación ofrece una mayor velocidad al momento leer y escribir datos en un `iButton`, en comparación con los adaptadores suministrados y vendidos por la compañía Dallas Semiconductor.

En relación a la comunicación con la interfaz de hardware, la librería `iButtonCom`, realizó el intercambio de las historias clínicas electrónicas desde y hacia la interfaz de hardware de manera exitosa. Se registraron tiempos entre 13 y 54 segundos para procesos de lectura y entre 7 y 20 segundos, para los procesos de escritura, utilizando en ambos casos archivos de 4, 8 y 16 Kb. Los resultados de las pruebas de rendimiento de lectura-escritura se muestran en la Figura 9.

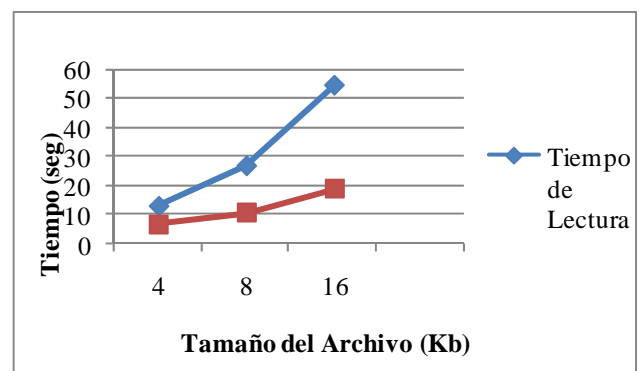


Figura 9. Rendimiento de Lectura-Escritura de la Interfaz de Hardware utilizando la librería `iButtonCom`.

La librería `UtilCompresion`, permitió comprimir y descomprimir las historias clínicas electrónicas,

obteniéndose en promedio un factor de compresión de 85%. Los resultados de las pruebas de compresión se exhiben en la Figura 10, en donde se observa que el archivo de mayor tamaño que se puede almacenar en un iButton utilizando este algoritmo de compresión es de 1500 Kb.

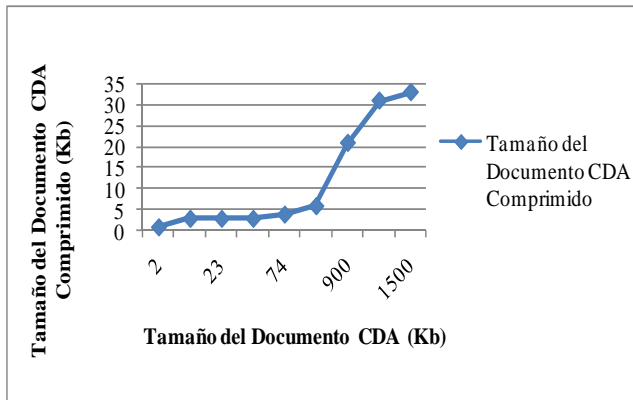


Figura 10. Pruebas de compresión de la librería UtilCompression

## 5. CONCLUSIONES

De los resultados mostrados anteriormente, de su análisis y de su discusión, se pueden obtener las siguientes conclusiones sobre el sistema digital para la gestión de historias clínicas electrónicas almacenadas en iButton bajo el estándar internacional HL7/CDA:

- Las encuestas, estudios y revisiones bibliográficas permitieron obtener suficiente información para la creación de una plantilla de historias clínicas electrónicas, con toda la información del paciente requerida por los médicos y centros de salud.
- El iButton, posee características que lo hacen muy atractivo y seguro para las aplicaciones que implican el almacenamiento de datos, algunas de estas son : (i) alta durabilidad debido a la estructura metálica altamente resistente de su exterior, (ii) capacidad de retención de información de al menos 10 años y (iii) incorporación de contraseñas para la protección de la integridad de los datos.
- La interfaz de hardware construida para la gestión de historias clínicas electrónicas es capaz

de reconocer cualquier iButton disponible en el mercado y representa un dispositivo de un tamaño accesible y cómodo para cualquier médico o institución, con lo cual se convierte en una alternativa factible a ser implementado en cualquier centro de salud.

- El software diseñado permite generar, visualizar y actualizar historias clínicas electrónicas codificadas en el estándar HL7/CDA, de una manera sencilla para los usuarios, sin hacer de su conocimiento las dificultades que presenta la construcción y actualización de una historia clínica electrónica basada en HL7/CDA.

## REFERENCIAS

- [1] Iakovidis I. "Towards personal health records: Current situation, obstacles and trends in implementation of electronic healthcare records in Europe". *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 52 (1998). 105-117.
- [2] Health Level Seven. "Health Level Seven Organization". (2006). <http://hl7.org>.
- [3] Health Level Seven. "HL7® version 2 standard". (2006). <http://www.hl7.org.au/HL7-V2-Resrcs.htm>
- [4] Eichelberg M., Aden T. y Riesmeier J. "A survey and analysis of electronic healthcare record standards". *ACM Computing Surveys*, Vol 37 (2005). 277-315.
- [5] Health Level Seven. "HL7® version 2 standard". (2006). <http://www.hl7.org.au/HL7-V3-Resrcs.htm>
- [6] Health Level Seven. "HL7 reference information model 2.14" (2006). [http://www.hl7.org/library/data-model/RIM/modelpage\\_mem.htm](http://www.hl7.org/library/data-model/RIM/modelpage_mem.htm)
- [7] Health Level Seven. "HL7 Clinical Document Architecture, Release 2.0". (2005). 190 pp.
- [8] Dallas Semiconductor MAXIM. "What is an iButton?".(2008). <http://www.maxim-ic.com/products/ibutton/ibuttons/>
- [9] Microsoft Corporation. "Visual Studio Express Editions". (2005). <http://www.microsoft.com/spanish/msdn/vstudio/express/default.msp>
- [10] Dallas Semiconductor MAXIM. "1-Wire Software Developer's Kit (SDK) for Windows". (2005). <http://www.maxim-ic.com/products/ibutton/software/windowsdk/>
- [11] Beck K. "Extreme Programming Explained: Embrace Change". (1999). Addison-Wesley

- Professional. Estados Unidos.
- [13] World Wide Web Consortium. “XSL Transformations (XSLT) Version 1.0”. (1999). <http://www.w3.org/TR/xslt/>
  - [14] World Wide Web Consortium. “HTML 4.01 Specification”. (1999). <http://www.w3.org/TR/html4/>
  - [15] Qualls M. “Editing XML with XSL and ASP”. (2007). <http://www.xmlfiles.com/articles/michael/editingxml/default.asp>.
  - [16] World Wide Web Consortium. “XML Path Language”. (1999). <http://www.w3.org/TR/xpath>
  - [17] [http://www.ringholm.de/download/CDA\\_R2\\_examples.zip](http://www.ringholm.de/download/CDA_R2_examples.zip)
  - [18] Dallas Semiconductor MAXIM. “DS1977 Password-Protected 32Kb EEPROM iButton”. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1977.pdf>
  - [19] Future Technology Devices International Ltd. “FT232 USB UART I.C. Datasheet”. (2007). [http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS\\_FT232R.pdf](http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS_FT232R.pdf)
  - [20] Microsoft Corporation. “System.IO.Compression Namespace”. (2005). <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.io.compression.aspx>
  - [21] Internet Engineering Task Force. “DEFLATE Compressed Data Format Specification” (1996). <http://www.ietf.org/rfc/rfc1951.txt?number=1951>