Chanalata Charlotte, Espinosa Bryan y Leones Daniel

*Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación*

*Escuela Superior Politécnica del Litoral.*

Guayaquil, Ecuador

Emails: {chchzamb, daleones y bsespino}@espol.edu.ec

Proyecto de Sistemas Digitales II  
Sistema digital con FPGA de registro de personas en un sistema hospitalario de Guayaquil.

# RESUMEN

El presente proyecto busca facilitar la priorización de atención de las personas con enfermedades respiratorias, diseñando un sistema digital de registro para el ingreso de los registros. Donde se ordenarán de manera descendiente, de tal forma que se pueda obtener un registro desde la persona con un grado más delicado de salud hasta la persona con un estado de salud leve.

**Palabra clave:** sistemas digitales, ordenamiento y registros.

# ABSTRACT

This project seeks to facilitate the prioritization of care for people with respiratory diseases, designing a digital registration system for the entry of records. Where they will be ordered in a descending order, so that a record can be obtained from the person with a more delicate degree of health to the person with a mild state of health.

**Key words:** digital systems, ordering and records.

# INTRODUCCIÓN

Pese al avance tecnológico de las últimas décadas y a los múltiples beneficios documentados, la implementación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en salud continúa siendo un importante desafío para las organizaciones de salud. [1] En el momento actual, se hace preciso optimizar los recursos sanitarios con el fin de lograr un coste-beneficio asumible para cualquier sistema de salud, dado que los recursos económicos son escasos. La Enfermería no debe ser ajena al progreso de los avances informáticos y debe valerse de ellos para evolucionar al mismo ritmo que estas nuevas tecnologías lo hacen. La aparición de Internet y sus derivados (redes sociales, foros, páginas Webs, etc.) que se engloban dentro de las denominadas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), suponen herramientas muy interesantes aplicables en el sector sanitario. [2]

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema digital utilizando FPGA que permita el registro y ordenamiento de los pacientes que sufren algún tipo de enfermedad respiratoria teniendo en cuenta la gravedad de sus síntomas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

* Ingresar el registro de los datos personales y los síntomas de los pacientes con enfermedades respiratorias.
* Ordenar los pacientes desde los más vulnerables hasta los menos propensos agravar su situación de salud.
* Presentar la lista de pacientes con enfermedades respiratorias ordenada y con sus respectivos datos personales.

# TRABAJOS RELACIONADOS

Sameera Madushanka Palliyaguru de la Escuela de Informática de la Universidad de Colombo presentó como tesis para obtener el título de Máster en Tecnología de la información, el tema de sistema automatizado de registro de historia de pacientes para el grupo de hospitales Asiri. Este tema estaba basado en mejorar el sistema con el que cuenta este grupo de hospitales a un sistema centralizado con el fin de integrar la farmacia, el laboratorio, el proceso de registro de pacientes y la participación de los médicos en el diagnóstico pronto del paciente. Este trabaja como la conexión de todas las partes mencionadas anteriormente para que el médico pueda tener una mejor y rápida visualización del estado del paciente incluyendo historiales médicos anteriores. Desarrollado con php, javascript y base de datos MYSQL. [3]

Las características empleadas para este sistema cuentan con sistema de gestión de citas en línea que ayuda al paciente a la gestión del agendamiento de citas sin problemas en horas de pico de botella. Gestión de pacientes internos ayuda a reorganizar la disponibilidad de las camas para los pacientes que poseen un mayor estado crítico que el de los demás pacientes. Gestión de pacientes externos reduce el tiempo de espera de los pacientes dados de alta. Estas características describen lo cuán importante fue establecer una relación entre máquina-persona para agilitar la reducción de tiempo en pacientes con síntomas más críticos que en otros a pesar de ser pacientes de ese grupo hospitalario o paciente primerizo.[1]

Un conjunto de letras blancas en un fondo blanco

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Figura 1. Descripción mediante diagrama de bloques. Link: <https://dl.ucsc.cmb.ac.lk/jspui/bitstream/123456789/4500/1/2017%20MIT%20049.pdf>

Otro trabajo relacionado a este tema realizado por Geertruid M.H. Marres, Luc Taal, Michael Bemelman , Jos Bouman y Luke P.H. Leenen es el de sistema de seguimiento y localización de víctimas(ViTTS) para víctimas de incidentes graves. La finalidad de este documento es mejorar la respuesta inmediata y coordinada por parte de diferentes organizaciones. Problema que radica en la falta de comunicación, coordinación de las múltiples ubicaciones geográficas y localización de los pacientes, dificulta obtener o llevar una respuesta eficaz y gestiona o provoca la angustia en el público. Por lo que se fomentó la idea de crear el sistema antes mencionado. Este sistema fue creado para enfrentar grandes catástrofes alrededor del mundo. El proceso que se desarrolló basándose en un ViTTS en línea en una red inalámbrica con routers en las ambulancias, registro directo (eficaz y rápido) en línea de las víctimas y los datos de las lesiones causadas por la catástrofe mediante tarjetas con códigos de barras. La viabilidad y la utilidad de este sistema se probó en simulacros de catástrofe en Reino Unido. Proyecto publicado por la Universidad Cambridge, el 13 de mayo del 2013. La formación de este proyecto contrajo situaciones satisfactorias tanto para el médico como para la persona con mayor lesión, cuestión de que por medio de una base de datos se produjo datos con precisión, la disponibilidad del tiempo y una visión general de los pacientes en un tiempo real, dando prioridad a las víctimas con mayores lesiones, datos en consideración que más usaban eran el número de código de barras, la gravedad de la lesión y la ubicación de la víctima en tiempo real. El ViTTS proporciona un sistema para el registro temprano y único de las víctimas cerca del lugar del impacto o de la catástrofe, objetivo que es necesario para poder generar una respuesta adecuada a la misma. [4]

# METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Al inicio del sistema se le pide ingresar al usuario los diferentes campos: número de cédula, peso [kg], altura [cm] y edad, para ello cuenta con un teclado decimal. Este podrá diagnosticar 3 enfermedades respiratorias como son: Covid, Gripe y Resfriado, donde el usuario podrá ingresar al menos 4 síntomas a través de una serie switches: Fiebre, Fatiga, Tos, Pérdida de olfato o gusto, dolores musculares, dolor de garganta, dolor de cabeza, estornudos y secreción nasal. Para identificar cualquiera de las enfermedades, el diseño cuenta con un sistema de detección de síntomas en base a la siguiente tabla 1.

De la cual se tomarán los síntomas más comunes debido a que será el censo superficial acerca del estado de salud del paciente, en el presente caso se diseñó una nueva (Tabla 2) a continuación para la elaboración del proyecto. El médico a cargo del sistema podrá acceder a los registros de los pacientes ordenados, a través de un botón, donde se podrá observar su número de cédula y el estado de salud. El alarmante crecimiento de esta pandemia hace necesario conocer e implementar métodos de diagnóstico confiables para detectar y tratar adecuadamente a los pacientes, lo que contribuirá a frenar la propagación de la enfermedad. (Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Medicina Humana, Instituto de Investigación, Centro de Investigación de Infectología e Inmunología. Lima, Perú, 2020)

Tabla 1. Tabla de síntomas enfermedades respiratorias. [5]

Tabla

Descripción generada automáticamente

Tabla 2. Tabla adaptada para el desarrollo del proyecto.

Tabla

Descripción generada automáticamente con confianza baja

## Método de ordenamiento por selección.

Consiste en encontrar el menor o mayor de todos los elementos del vector e intercambiarlo con el que está en la primera posición. Luego el segundo más pequeño o grande, y así sucesivamente hasta ordenarlo todo. [6]

|  |
| --- |
| Seudocódigo de método de selección |
| **PROCEDIMIENTO** *selección ( Vector a[1:n])*  **PARA i VARIANDO DE 1 HASTA n - 1 HACER**  *encontrar [j] el elemento más pequeño de [i + 1:n];*  *intercambiar [j] y [i];*  **FIN PROCEDIMIENTO;** |

Cada búsqueda requiere comparar todos los elementos no clasificados, de manera que el número de comparaciones C(n) no depende del orden de los términos, si no del número de términos; por lo que este algoritmo presenta un comportamiento constante independiente del orden de los datos. C(n)= n(n-1) /2. Luego la complejidad es del orden Θ(n2). [6]

Una vez que se logró determinar los parámetros se procedió a llevar a la forma física del prototipo del proyecto, es decir, realizamos un diagrama de bloques para que de esta forma poder aterrizar la idea.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 2. Diagrama de bloques del sistema digital.

En el diagrama de bloques contamos con el botón START que será encargado de iniciar la operación una vez oprimido y soltado.

Una vez inicializada la operación se presenta un teclado decimal donde el usuario ingresara cada uno de los datos solicitados, que a su vez serán almacenados en un registro.

Estos datos son:

* Cédula
* Peso
* Altura
* Edad

Estos datos al ser ingresados de forma decimal pasan por un decodificador decimal a BCD para poder trabajar con ellos a partir de los siguientes circuitos MSI. Además, posee un botón de ingresar y uno de borrar que permite eliminar el ultimo campo ingresado en caso de que necesite modificarlo.

Por otro lado, los síntomas son ingresados a partir de una serie de switch, dependiendo de cuál sea encendido el síntoma a ingresar. Estos síntomas se guardarán en su respectivo registro y a su vez ingresaran a un contador que se comparara con el límite inferior que corresponde a 4, es decir, 4 será la cantidad mínima de síntomas que se podrá ingresar, además, estos síntomas serán sumados para poder reconocer cual es la enfermedad correspondiente.

Finalmente, el Display se encargará de mostrar la salida correspondiente, denotando la enfermedad respiratoria que presenta el paciente y una vez que se tiene este dato se procede a registrarlo y ubicarlo en un registro de mayor gravedad a menor gravedad.

En base a eso planteamos una orientación mediante un seudocódigo para la solución del proyecto con las funcionalidades fueron descritas anteriormente

|  |
| --- |
| Seudocódigo del sistema digital |
| **While***(Start){*  **while(1){**  Dir\_ram=0  **if** Dir\_ram>255 {Full=1, break}  **else** {  Modo\_ram\_0=1  Dir\_ram+=1  }  *}*  *}*  **if** *Presionar Ordenar=1{*  **while** *(Dir\_cnt\_1<254)*  *{En\_cnt\_1,*  **while** (*Dir\_cnt\_2<255)*  *{En\_cnt\_2,*  *En\_reg4,*  *En\_reg3,*  **if** *(sel=1) { En\_reg1, En\_reg5}*  **elsif** *(sel=0) { En\_reg2, En\_reg6}*  **if** *(Edad\_fija<Edad\_interativa)*  *{modo\_ram\_0 =1,*  *sel=1*  *sel=0*  *Ld\_cnt\_2=1*  *}*  *}*  *}*  **while** *(Presentar){*  Dir\_ram=0  **if** Dir\_ram>255 {Full=1, break}  **else** {  Modo\_ram\_0=0  Dir\_ram+=1  }  *}*  *fin=1* |

Mediante el proceso del seudocódigo se pudo elaborar la partición funcional del proyecto, la misma que se está detallada con sus entradas y salidas para una mejor comprensión.

## Memoria RAM y Base de datos.

Diagrama, Esquemático

Descripción generada automáticamente

## Ingreso de datos a la RAM.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Interfaz de usuario gráfica, Diagrama

Descripción generada automáticamente

## Contadores de las direcciones de ordenamiento.

Escala de tiempo

Descripción generada automáticamente

## Registros de sostenimiento de ordenamiento.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

## Selector de índex y dato para ordenar.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

## Sensor de número mayor.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Se procedió a realizar el diagrama ASM de la MSS del sistema para poder, de esta forma realizar todas las acciones pertinentes para de esta forma cumplir con el objetivo.

## ASM de la MSS del proyecto.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Diagrama, Dibujo de ingeniería

Descripción generada automáticamente

## Bloque MSS diseñado.

Imagen que contiene Tabla

Descripción generada automáticamente

El sistema empieza con la entrada RESET que lleva al estado T0, se presiona la entrada START y pasará al estado T1, al soltarla la entrada START pasará al estado T2.

Una vez en el estado T2, iniciamos con el ingreso de datos de la base de datos a la RAM, esto permite llenarla y de esta forma ubicar todos los valores en los índex correspondientes.

Luego de ello, una vez llenada la RAM esperamos en el estado T5 el cual espera que se oprima y se suelte el botón Ordenar, para que de esta manera el sistema juntamente con sus condicionales iniciales empleado el algoritmo de ordenamiento por selección.

Una vez terminado el procedimiento de ordenar y de haber almacenado esos valores en la RAM, estamos listos para poder presentar los resultados ordenados.

Para esto esperamos en un bucle del estado T22 donde esperamos que se oprima el botón Presentar el mismo que direccionara el sistema hacia a recorrer de manera secuencial la RAM y de esta forma poder leer los valores en cada índex que evidentemente está totalmente ordenados, para que personal de salud pueda disponer de dicha lista para lo que se considere necesario.

1. RESULTADOS

## Compilación de la MSS.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

## Compilación del diagrama de bloques.

Interfaz de usuario gráfica, Texto

Descripción generada automáticamente

## Tiempo de ejecución de la MSS

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

## Ingreso de datos a la RAM.

Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente

## Principio de ordenamiento.

Diagrama

Descripción generada automáticamente con confianza media

## Intercambio de valores de RAM.

Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente

Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente

## Presentación de lista de pacientes ordenada

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

## Proyección de tiempos de simulación.

Para el presente proyecto se planteó una proyección de tiempo de respuesta en el ingreso de datos y ordenamiento para y de esta manera generalizar para datos de base de datos mucho más extensas en condiciones reales.

Para este proceso realizamos una tabla con los valores detallados de datos, operaciones del método de selección, tiempo de llenado y finalmente tiempo de ordenamiento. Lo cual con los valores máximos de simulación mediante VWF se pudo experimentar, luego de ello se realizó una estimación para la cual tomamos los valores de 5, 10 y 15 datos respectivamente los cuales nos arrojaron los tiempos que marcaron una curva definida por el número de operaciones y el tiempo que se demora en aquel proceso. Lo que obtuvimos fue que para una base de datos de 255 datos tenemos un tiempo estimado de llenado de 16668 [ns] y tiempo de ordenamiento de 274652 [ns], esto con un error de 3.94% que se obtuvo comparando los valores reales con los arrojados por la tendencia que se empleó.

Tabla 3. Valores de proyección a 255 datos en la base de datos.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Datos** | **Operaciones** | **Tiempo llenado [ns]** | **Tiempo ordenamiento [ns]** |
| **5** | 10 | 7,97 | 81,58 |
| **10** | 45 | 19,95 | 411,97 |
| **15** | 105 | 31,94 | 853,62 |
| **20** | 2775 | 1428,29 | 23534,41 |
| **140** | 9730 | 5008,03 | 82518,84 |
| **185** | 17020 | 8760,19 | 144344,37 |
| **220** | 24090 | 12399,12 | 204304,10 |
| **255** | 32385 | 16668,56 | 274652,90 |

Mediante la tabla presentada se pudo realizar las gráficas de resultados del tiempo que se emplea para cada cantidad de datos que se puede observar en la parte inferior del gráfico.

En la gráfica siguiente podemos observar que el procedimiento de ordenamiento sigue el mismo patrón, y esto es coherente porque sabemos que es una función evidentemente que depende de la cantidad de procesos los cuales define el principio de ordenamiento definido anteriormente.

Finamente tenemos la gráfica que se demuestra la tendencia sumamente creciente de la función que define el tiempo de simulación al incrementar los datos, para este caso un tiempo de simulación de 274652 [ns] para 255 datos en una base de datos como lo observamos a continuación.

1. CONCLUSIONES

* Se logró determinar el tiempo de simulación proyectado a base de datos de mayor magnitud, a manera de poder evaluar el funcionamiento y realizar una comparativa con procesos de ordenamiento los cuales demostraron tener un comportamiento mucho más ineficiente, con respecto al empleado en el presente proyecto.
* El sistema digital fue desarrollado para el buen uso de hospitales para los pacientes con enfermedades leves y graves, mejorando la atención en el proceso de registro en el Hospital, lo que permite sobre guardar la salud de los enfermeros de turno y familiares mediante el distanciamiento, permite gestionar de la mejor manera con la información del paciente y brinda una atención más ágil y oportuna.
* Se pudo observar que el sistema cumple con el ordenamiento que fue planteado como solución ante la problemática, ingresando los datos de manera adecuada y calificando para enforcarse en las personas con COVID-19.
* Se logró simular mediante la herramienta de Quartus University Program File VWF para de esta forma emular el procedimiento que desarrollará la tarjeta FPGA, logrando así una correcta simulación de todo el desarrollo del proyecto planteado como solución.

# REFERECIAS BIBLIOGRÁFICAS

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | F. Plazzotta, «SCielo,» 2015. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S1726-46342015000200020. |
| [2] | M. Á. G. V. y. S. L. C. Luis Manuel Fernández Cacho, «SCielo,» SCielo, 2015. [En línea]. Available: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S1132-12962016000100012. |
| [3] | S. MAdushanka, «UCSC,» 2021. [En línea]. Available: https://dl.ucsc.cmb.ac.lk/jspui/bitstream/123456789/4500/1/2017%20MIT%20049.pdf. |
| [4] | L. T. M. B. ,. J. B. y. L. P. Geertruid M.H. Marres, «Seguimiento de localización y seguimiento de víctimas». |
| [5] | C. White, «Medical News Today,» 2020. [En línea]. Available: https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/diferencias-entre-el-nuevo-coronavirus-y-la-gripe#sintomas. |
| [6] | Accueil, «Accueil,» 2022. [En línea]. Available: http://lwh.free.fr/pages/algo/tri/tri\_selection\_es.html. |
| [7] | Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Medicina Humana, Instituto de Investigación, Centro de Investigación de Infectología e Inmunología. Lima, Perú, «SciELO,» 12 04 2020. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S1727-558X2020000200014. |

# ENLACES DEL PROYECTO

## Enlace Github Proyecto completo

<https://github.com/bsespino/Proyecto-Sistemas-Digitales-II>

## Enlace Github (Bloque diseñado por el equipo)

<https://github.com/bsespino/Proyecto-Sistemas-Digitales-II/edit/main/Deco1a4.vhd>