



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
Facultad de Ciencias básicas e ingeniería.

SOFTWARE PARA PROTOTIPO ELECTRONICO DE VENTILADOR MECANICO CON PROTOCOLO DE INTERNET DE LAS COSAS QUE APORTE A LA RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD RESPIRATORIA DE PACIENTES AFECTADOS POR COVID19

Julian Armando Duque Alayon 161003416

Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Ingeniería
Electrónica.

Resumen — El 11 de marzo de 2020 la (OMS) declaró al SARS-CoV-2 (COVID-19) como una pandemia. La propagación del virus en varios países fue acelerando, afectando la economía de estos. La crisis sanitaria a nivel mundial a causa de la propagación del virus dio a conocer la falta de insumos y equipos médicos en unidades hospitalarias, este artículo presenta un software que permite controlar un prototipo de ventilador mecánico mediante mediciones y procesamiento de las señales eléctricas generadas por los movimientos continuos del motor, como el generado por la bolsa de respiración manual. Una de las principales ventajas del software es su enfoque al uso de tecnologías de fuente abierta como también la accesibilidad y fácil manejo para el operario. El software ofrece, por un lado, información precisa de cómo el flujo de aire interacciona según las distintas posiciones que pueda tomar el motor, siendo de gran utilidad ya que se puede realizar modificaciones a entradas primordiales del sistema en funcionamiento, las cuales llegan a calcular el resto de variables que son esenciales para un completo entendimiento. Por otro lado, se desarrolla una interfaz gráfica que persigue un fácil uso al control del prototipo de ventilador mecánico, siendo capaz de renderizar los datos obtenidos de manera remota en una página web aplicando así una tecnología que crece cada día más como es el Internet de las Cosas facilitando la conectividad con cualquier dispositivo desde cualquier lugar.

Palabras clave: Control, Ventilación mecánica, Software, Internet de las cosas

1. INTRODUCCION

A principios del año 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la emergencia mundial a causa del rápido avance de las infecciones por el COVID-19.

A nivel global la cantidad de pacientes que requerían asistencia ventilatoria superó el número de camas disponibles en la unidad de cuidados intensivos (UCI). Como respuesta a esto, un porcentaje de camas generales se convirtieron en camas UCI y los hospitales generales en hospitales de cuidados

críticos (Heredia & otros, 2021). Debido a esta problemática y al crecimiento exponencial del número de casos en la expansión de la pandemia y dada la saturación de demanda en el mercado mundial de aparatos médicos; una de las acciones llevadas a cabo en muchos países fue activar la fabricación de ventiladores mecánicos de emergencia.

La universidad de los Llanos, consciente de su responsabilidad con la región apoya la iniciativa de desarrollar un sistema de ventilación mecánica que contribuya al sistema de salud de la región.

Adicionalmente se agrega al equipo propuesto un protocolo de internet de las cosas que permite al equipo contar con un sistema ciber físico para el envío de información a la nube y pueda ser leído y analizado por el profesional de la salud en una APP.

Por tanto, la convergencia de saberes y conocimientos de 2 grupos de investigación con líneas de investigación en Bioingeniería y Automatización han permitido conformar un equipo idóneo para la solución a la problemática planteada. Por todo lo anterior, se propone una alternativa tecnológica que aporta a la mitigación de las problemáticas sanitarias y de salud pública ocasionada por el COVID-19.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE INSTRUMENTACION VIRTUA.

Se presenta a continuación un único diagrama de bloques en el que se representa la serie de pasos que se tomaron para el diseño y construcción del sistema de control virtual para el prototipo electrónico de ventilador mecánico y desarrollo de este trabajo de grado



Figura 1. Diagrama de bloques.

El conjunto o serie de pasos que componen este diagrama son:

- **Verificación conexión módulos:** Bloque en el que se hará un sistema de redundancia confirmando que los dos módulos encargados del control del motor y la adquisición de datos estén conectados al servidor
- **Ingreso datos pacientes:** Bloque por el cual se diseñó el ingreso de los datos esenciales del paciente y serán almacenados en vectores
- **Cálculo de variables:** Bloque en el que se le da un manejo a los datos esenciales del paciente adquiridos previamente y se procede a hacer el pre cálculo de variables que se usaran para el control.
- **Adquisición de datos:** Bloque en el que se diseñó un circuito electrónico compuesto por dos tarjetas de programación y sensores para la lectura de los valores.
- **Control:** Bloque en el que se le da un manejo a los datos adquiridos previamente a

través del lenguaje de programación Python y extensiones con el que este tipo de lenguaje cuenta.

- **Visualización de datos:** Bloque en el que se logra visualizar los valores generados por los sensores luego de construirse una interfaz gráfica.

3. CONSTRUCCIÓN DE INTERFAZ GRÁFICA Y MÓDULO PRINCIPAL

En el módulo principal del programa se realizan todos los procesos que lo componen, la lectura de las variables de datos de la ESP32, el motor visual de la aplicación y las funciones que posee las cuales serán procesadas por el servidor central la para nuestro caso será una Raspberry pi 3 b+.

3.1 Python script:

El código que se construyó en python es el programa principal del proyecto, el cual desde el equipo recibe las lecturas de la ESP32 y estas a su tiempo envían los datos a través de internet a la raspberry para así enviar y poder actualizar las gráficas en tiempo real para su fácil lectura y análisis, entre otras funciones tenemos el acceso a las diferentes variables que puede llegar a necesitar el operador.

El código se compone de varios scripts llamados desde el código principal para hacer funcionar el programa incluyendo la creación de los objetos widgets que genera las distintas vistas, se pensó en los posibles escenarios que se podían llegar a dar así a la creación de métodos de excepciones para manejar dichas posibilidades. La conectividad entre dispositivos para el envío y la recepción de datos se utiliza el protocolo de comunicación MQTT el cual funciona mediante un broker que mediante la apertura de puertos de una red pudiendo así enviar y recibir datos, de esta manera se da el primer paso a la implementación del internet de las cosas seguido de una visualización por cualquier dispositivo distinto a las pantalla de 7 pulgadas que se pueda conectar a la red local para visualizar los datos que sean pertinentes del respirador mecánico.

3.2 Código de la interfaz de usuario.

Este módulo de código en formato UI es un archivo que posee el código del front-end del proyecto, código generado por el editor de interfaz de usuario que se utilizó para la construcción del programa. El software empleado para este desarrollo fue Qt

Designer, un programa de fuente abierta para la creación de GUI's en Python.

Para el cumplimiento de las funcionales del prototipo, se realizó por medio del diagrama de casos de uso de la Fig. 5. La Interfaz Gráfica de Usuario del software proporciona un entorno sencillo permitiendo un sistema de comunicación entre el usuario y el sistema.

La aplicación se divide en 3 páginas principales:

- Ingreso de variables del paciente
- Pagina monitoreo medico
- Vista de variables extras

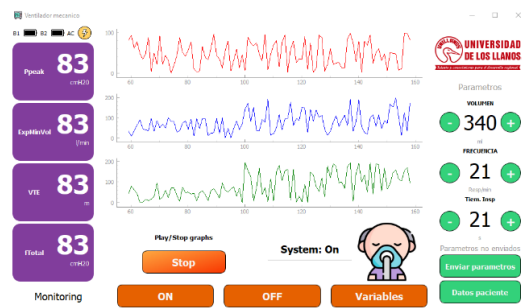


Figura 2. Gui Front QtDesigner Page Graph.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Con el prototipo electrónico bien desarrollado se pudo establecer las el ingreso de variable hasta poder observar las gráficas que son alteradas por los datos calculados por medio de los valores ingresados.

4.1 INSTRUMENTACION DEL PROTOTIPO DE VENTILADOR MECANICO

Para el desarrollo de software se configuro toda la parte de programación del ventilador enfocados en control de ventilación por asistencia de volumen (VACV), volume assist control ventilation, por sus siglas en inglés, y se dejó de igual manera por control de volumen.

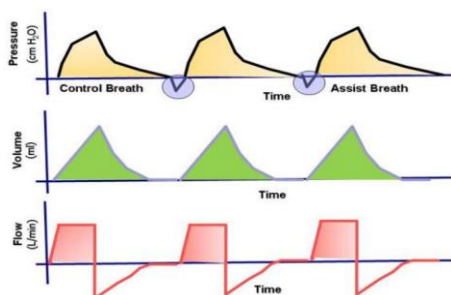


Figura 3. Graficas genéricas de control por volumen.
Fuente: Reaserch.net

Con el sistema de instrumentación construido se realizaron pruebas con el ventilador mecánico, al implementar el prototipo del circuito diseñado conectándolo a un computador para hacer la alimentación y teniendo una red Wifi estable presente en el sitio el diseño se conecta de manera efectiva al puerto designado del MQTT transmitiendo los datos que recibe los sensores y a la red local para la aplicación móvil generando la IP que se utilizara desde el receptor.

El diseño final de la interfaz de usuario que se desarrolló permite escoger la señal que se quiere utilizar, personalizando la experiencia para los experimentos que se quieran hacer con dicho equipo, tal selección se realiza desde el inicio del programa y abre todas las características que la aplicación ofrece para empezar a trabajar.

Para utilizar la aplicación móvil se utiliza la dirección IP que corresponde a la tarjeta la cual se puede ver en la respuesta vía serial al inicializar la ESP32 como en la figura 15, se escribe en el navegador de cualquier equipo conectado a la red y se podrán visualizar las gráficas en tiempo real, como en el caso realizado en la figura 16.



Figura 4. HTML aplicación en red local.

5. ANÁLISIS

5.1 SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL PARA EL PROTOTIPO DE UN VENTILADOR MECANICO

Las necesidades planteadas para la construcción del software fueron: funcionar en tiempo real, contener

material interactivo dentro de la aplicación para tener una manera de monitorear los datos de forma remota.

Se utilizó Python el cual es de fuente abierta lo que permitió manejar el programa en tiempo real, donde las posibilidades de personalización en la creación de aplicaciones permiten una creatividad plena lo cual facilitó la creación de una documentación y experimentos de cada señal, además el amplio catálogo de módulos de fuente abierta encontrados en la red de Python permite añadir funciones al programa.

El acceso remoto se había pensado inicialmente tener un servidor en la nube que permite total libertad en el monitoreo desde cualquier lugar, sin embargo, con las complicaciones que representa un servidor siempre activo y el constante seguimiento que requiere, se optó por una solución más local ajustándose mejor al funcionamiento del proyecto permitiendo revisar los datos en una red local, lo cual se implementó y ha dado buenos resultados.

Para la interfaz de usuario que se haría en el computador, basado en experiencias previas y con los objetivos que se buscaban cumplir, destacando la necesidad de que utilice un software de uso libre, y que esté enfocado a desarrollos en el área de la ingeniería, se desarrolló el programa en python, durante el proceso de construcción surgieron diversos retos, el primero fue la necesidad de correr dos procesos de forma paralela, lo cual se logró manejando threading en el flujo del código, lo que hace referencia a ejecutar procesos alternos durante tiempos de espera del proceso principal, y así aprovechar el tiempo más eficientemente.

Se presentó un reto en la limitación que posee el intérprete de Python en el procesamiento, se identificó que a medida que se añadían recursos en la interfaz y animación interactiva con el usuario se reducía el rendimiento del programa lo que llevó a la necesidad de optimizar las funciones y alcanzar un equilibrio en la cantidad de elementos que podíamos manejar manteniendo un buen rendimiento en lo principal de la GUI que es la gráfica funcionando, finalmente se determinó que en la parte visual que posee la interfaz se logró un diseño moderno

agradable y de fácil uso para facilitar la aceptación del programa por parte del usuario.

6. CONCLUSIONES

- Para el correcto funcionamiento del sistema desarrollado se debe tener en cuenta la velocidad de comunicación que posee la tarjeta programable para transmitir de manera efectiva los datos al sistema de instrumentación virtual sin llegar a saturarse.
- El desarrollo y construcción del prototipo de instrumentación virtual para el ventilador mecánico facilita en gran medida la utilización de manera fácil y comprensible, puesto que le permite la visualización al usuario de las diferentes variables con las que cuenta el sistema eléctrico, además del manejo que se le puede dar a la información adquirida por el sistema de los diferentes parámetros generados por cada uno de los elementos que componen, y así darle tratamiento a los datos para la toma de decisiones en un posible proyecto.
- Las herramientas de desarrollo incorporadas dentro del ambiente Python para la construcción de interfaces de usuario, como lo son: PyQt5 y Qt Designer poseen una gran capacidad y versatilidad en recursos para dar solución a las necesidades que se presentaron durante la construcción del proyecto. Cabe resaltar que son de uso abierto.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Nova Sepúlveda, G., 2020. Componentes Que Intervienen en El Dilema Del Último Ventilador Mecánico en Crisis Sanitaria Por SARS-CoV-2 | PDF | Ciencias de la Salud | Medicina.
2. Heredia, O.D., Chunga, X., De la Cruz, L., & Zimic, M. (2021). Diseño y evaluación de un ventilador mecánico.
3. Farre R, Puig-Domingo M, Ricart P, Nicolas JM, Ventiladores mecánicos de emergencia para la Covid-19, Archivos de Bronconeumología (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2020.05.012>
4. Felix Romero, A., & Palate Espinoza, P. (2021). Desarrollo e implementación de un prototipo de respirador artificial controlada por una aplicación móvil