



# Respirador Neumático Modular de Emergencia

Memoria del sistema de control

Código: MEM-03

Versión 1.1

25-May-20

## CONTENIDOS

Contenidos.....	2
Control de versión.....	2
1 Prefacio .....	3
2 Descripción de módulos y sistemas .....	3
2.1 Introducción al funcionamiento general.....	3
2.1.1 Pasos configuración inicial.....	4
2.2 Sistema neumático .....	5
2.2.1 Descripción de componentes.....	5
2.3 Sistema de control.....	6
2.3.1 Descripción de componentes.....	6
2.3.2 Conexionado eléctrico – Controlador.....	8
2.3.3 Descripción del funcionamiento del programa del PLC .....	9
2.3.4 Desarrollo de Software – Controlador.....	9
2.4 Sistema de Monitoreo y Configuración .....	11
2.4.1 Descripción del hardware.....	11
2.4.2 Arquitectura de software .....	11
2.4.3 Pantallas .....	12
2.5 Sistema de monitoreo central.....	16
2.6 Diagrama de red.....	18
3 Índice de tablas y figuras.....	20
3.1 Índice de tablas .....	20
3.2 Índice de imágenes .....	20

## CONTROL DE VERSIÓN

Versión	Fecha	Por	Comentarios
0.0	04/2020	GA, AA	Versión inicial.
1.0	05/2020	NS	Revisión
1.1	05/2020	AA	Revisión
1.2	05/2020	NS	Se agrega capítulo sobre monitoreo central

## 1 PREFACIO

El siguiente documento describe el funcionamiento del sistema de control del Respirador Neumático Modular de Emergencia (RNME). Este equipo está concebido para su uso en casos de extrema emergencia, en particular durante la pandemia COVID-19 actual causada por el virus SARS-CoV-2. Este sistema se debe usar para conferir beneficios terapéuticos a un paciente cuando requiera ventilación invasiva debido a la insuficiencia respiratoria.

El sistema propuesto en su primera versión es un sistema de Ventilación Mandatoria Continua (CMV – Continuous Mandatory Ventilation), que será controlado por volumen.

## 2 DESCRIPCIÓN DE MÓDULOS Y SISTEMAS

El equipo se puede dividir inicialmente en 4 grandes módulos:

- **Sistema neumático:** Se encarga de la regulación y mezcla de aire oxígeno. Está constituido por diferentes elementos mecánicos, en particular reguladores de presión, electroválvulas y válvulas de regulación manual.
- **Sistema de control:** Está constituido por un controlador electrónico, sensores, y actuadores. Realiza el control automático de los ciclos respiratorios y el monitoreo continuo del proceso mediante un sistema de alarmas.
- **Sistema de configuración y operación:** Consiste en un terminal (PC, Tablet o similar) con una aplicación que permite al usuario realizar el monitoreo, configuración y comando del equipo. Este terminal se encuentra en permanente comunicación con el sistema de control, pero no realiza ninguna tarea crítica.
- **OPCIONAL – Sistema de monitoreo centralizado:** Consiste en un sistema de monitoreo capaz de conectarse con varios equipos y desplegar en una única pantalla información de su estado operativo y alarmas.

### 2.1 INTRODUCCIÓN AL FUNCIONAMIENTO GENERAL

El equipo es capaz de realizar ventilación mandatoria controlada por volumen en forma semi-automática. Esto significa que el sistema de control es capaz de comandar y regular todas las variables del ciclo respiratorio, con excepción de la configuración de flujos, la cual se realiza mediante elementos manuales (flujómetros). Esto implica que tanto los ajustes de volumen corriente, como de FiO<sub>2</sub> requieren de la operación física de estos elementos por parte del operador. Todo el resto de las variables de control, y en particular las secuencias de los ciclos respiratorios son ejecutadas en forma completamente automática.

Al no existir regulación de flujo y blending automático, el sistema cuenta con una sencilla secuencia de configuración que orienta al operador para realizar los ajustes de flujo manual de manera simple. El operador debe ingresar inicialmente todos los parámetros respiratorios deseados. En función de todos estos parámetros el sistema calculará automáticamente los setpoint de volumen necesarios en cada línea (O<sub>2</sub> y Aire) y los desplegará en pantalla para orientar al operador durante la regulación manual. Una vez regulada cada línea mediante este mecanismo, el sistema podrá operar de allí en más en forma automática hasta que el operador desee realizar un nuevo ajuste en alguna de estas variables.

A continuación, se muestra la secuencia de configuración y operación en forma simplificada.

### 2.1.1 Pasos configuración inicial

En el siguiente esquema se muestra un resumen de la secuencia de configuración y los parámetros involucrados. Por más detalles consultar el manual del equipo.

#### 1- Ingreso de valores

- VC – Volumen corriente
- FR – Frecuencia respiratoria
- I: E – Relación Inspiración: Expiración
- FiO2 – Fracción Inspiración O2
- Pausa insp. - Tiempo retención presión

Configuración  
 VC  
 FR  
 I: E  
 FiO2  
 Pausa insp.

INPUT					
FR (rpm)	I: E	Pausa Insp. (%)	VC (ml)	FiO2 (%)	PEEP (cm H <sub>2</sub> O)
1:					

#### 2- Configuración a regular

- El sistema calcula y muestra los setpoint de VCO2 y VC Aire en función de los parámetros ingresados.

Q O2		VC O2		FiO2 (%)		VC Aire		Q Aire	
(l/min)		(ml)				(ml)		(l/min)	

#### 3- Regulación Inicial FiO2

- Regular caudal Aire y O2

Regulación  
 FiO2 Manual  
 Q am  
 Q O2



#### 4- Ajuste FiO2

- Ajustar caudal Aire y O2

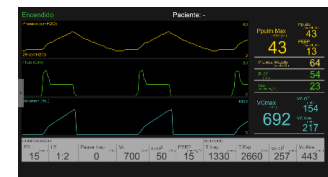
INICIO



#### 5- Opcional:

- Ir a **Graficas** (En menú de navegador Si se desea acceder a la visualización de graficas)

Visualización



#### 6- Para finalizar la ventilación presionar

#### PARADA

- El sistema va a estado de reposo:
  - Válvula Inhalación – Cerrada
  - Válvula Exhalación – Abierta

PARADA



Imagen 1. Configuración Inicial

## 2.2 SISTEMA NEUMÁTICO

El sistema neumático cuenta con varios elementos mecánicos que no se encuentran vinculados al sistema de control, como ser reguladores de presión, reguladores de flujo, y elementos de protección mecánicos. Sin embargo, cuenta también con varios elementos de control electrónico, como ser los sensores de presión y flujo y las electroválvulas. Todos estos elementos se encuentran vinculados al controlador por medio de señales I/O.

### 2.2.1 Descripción de componentes

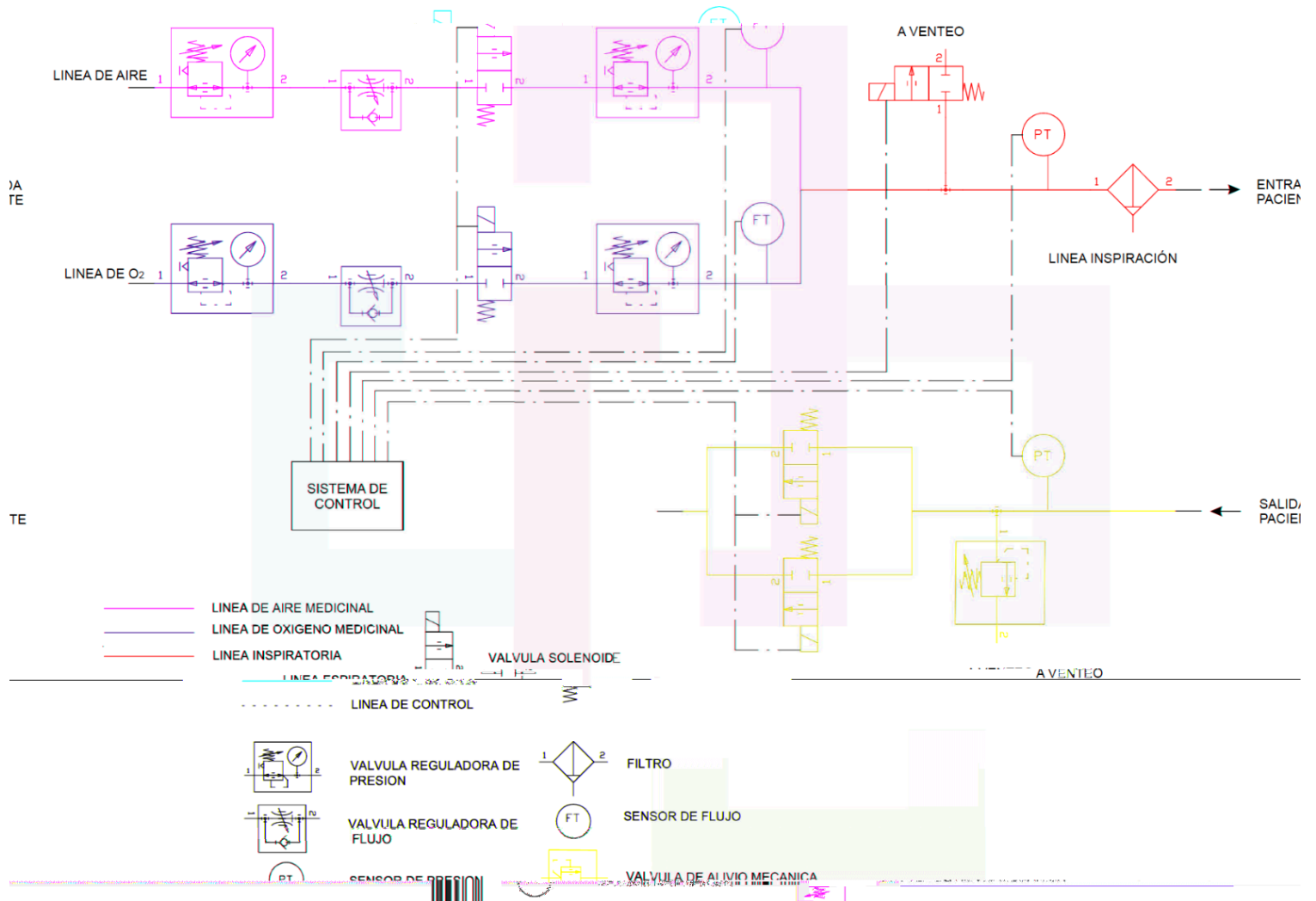


Imagen 2. Diagrama del Sistema Control

## 2.3 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control se compone de un PLC Siemens Logo!. Este PLC es el encargado de ejecutar todas las funciones de control, monitoreo y alarmas que resultan críticas para el sistema.

Este controlador tiene señales de entrada digitales, analógicas (configurables) y salidas transistor. Tiene un display que además de mostrar valores, se ilumina con diferentes colores, lo cual es utilizado en este caso para indicar estado operativo y alarmas. También tiene un WebServer que es utilizado como interfaz HMI. Además, soporta el protocolo de comunicación Modbus Ethernet que en este caso es utilizado para la comunicación con el terminal de monitoreo y configuración.

La interfaz de usuario se ha desarrollado en base a dos componentes complementarios. El sistema básico de configuración y monitoreo está incorporado el PLC haciendo uso de su servidor web incorporado. Sin embargo, para lograr una pantalla con mayores capacidades gráficas para monitoreo de tendencias, esta interfaz se complementó con un servidor web desarrollado en NodeJS. Este último es opcional, y de utilizarse debe ser instalado por separado en el dispositivo terminal.

El dispositivo terminal puede ser una PC, Tablet, o cualquier otro dispositivo con navegador web. Si se desea utilizar la pantalla de monitoreo de tendencias, el dispositivo deberá soportar también la instalación del mencionado servidor NodeJS. En el presente proyecto se utilizaron tablets Android de bajo costo suministradas por el programa “Plan Ceibal”. La arquitectura y configuración de la interfaz de operación y sus componentes será abordada con mayor detalle en capítulos siguientes.

### 2.3.1 Descripción de componentes

Los componentes pueden distinguirse entre aquellos que se encuentran dentro del gabinete de control, y aquellos que se encuentra en la periferia. En las tablas 1 y 2 se listan los diferentes componentes.

Equipo	Código	Descripción
Borne de tierra	USLKG 2,5	Bornes con tornillo para tierra
Fusible x 2	UK 5-HESI	Fusible protección 230Vac
Fusible	UK 5-HESI	Fusible protección 24Vdc Señales externas
Fuente Siemens Logo 2.5A	6EP3332-6SB00-0AY0	Fuente alimentación todo el sistema
Relé 230Vac	PLC-RSC-230UC/21	Relé de confirmación conexión 230Vac
PLC Siemens Logo	6ED1052-1CC08-0BA0	Controlador Lógico programable (8DI (4AI), 4 DO)
Relé Vin	RIF-0-RPT-24DC/ 1	Relé para actual Válvula Inhalación
Relé Vex	RIF-0-RPT-24DC/ 1	Relé para actual Válvula Exhalación
Relé Seguridad	RIF-0-RPT-24DC/ 1	Relé para actual válvula seguridad. Y todas las salidas. En serie con parada de emergencia
Relé Alarma	RIF-0-RPT-24DC/21	Relé activación alarma
Modulo Step Down	DC-DC LM317	Módulo regulador de voltaje a 5Vdc para alimentar instrumentos
Modulo Step UP		Modulo Step up 5Vdc a 24Vdc desde batería a Alarma
Power Bank	PB 2000mah	Batería respaldo alarma
Interruptor ON/OFF	RS201R	Llave Bipolar 15A/250V c/Iluminación rojo
Conector UPS	IEC-C14	Conector para alimentar el equipo con UPS
Conector 230Vac	IEC-C8	Conector test conexión a línea alimentación

Alarma Sonora Visual	BZ207LR	Señalizador Luminoso y sonoro
Interruptor Alarma	DBN 700580	Interruptor Bipolar en caso de desconexión
Conector Externo Ethernet RJ45	DBN 700600	Conexión RJ45 Cat.5E
Plaqueta 3 módulos		Paquete para Interruptor bipolar y Conector RJ45

Tabla 1. Componentes del Tablero de Control

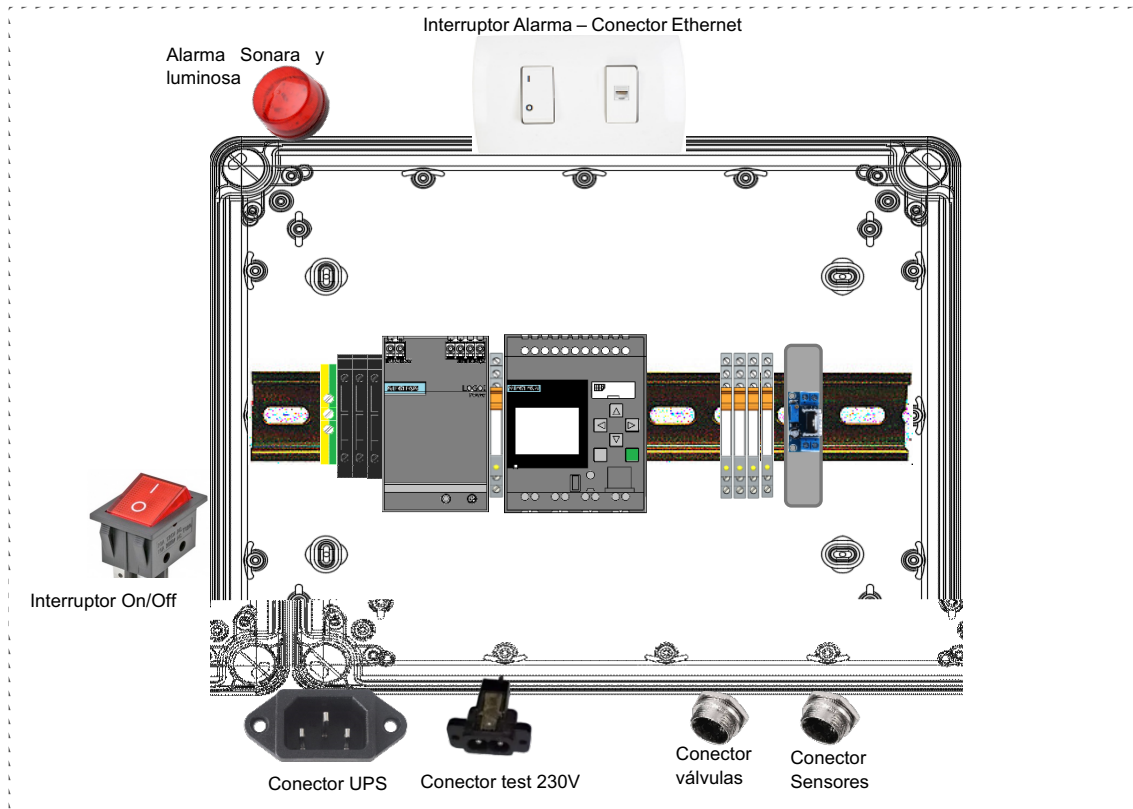


Imagen 3. Tablero de Control

Equipo	Código	Descripción
Mass flow sensors for gases	WTA-L050-DUP	Flujo O2
	WTA-L050-DUP	Flujo Aire
Micro válvula solenoide de 2 vías.	2026BA222	Válvula de Aire
	2026BA222	Válvula de O2
	2026BA402	Válvulas de Exhalación
	2026BA222	Válvula de Seguridad
Sensores de presión montados en placa	HDIM500GUY8P5	Presión pulmón
	HDIM500GUY8P5	Presión línea

Tabla 2. Componentes de Control

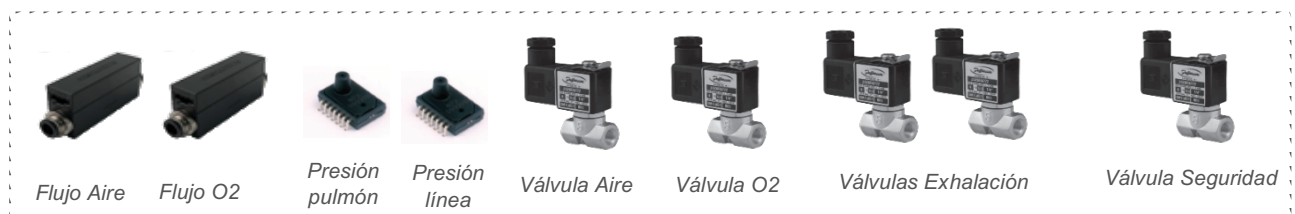


Imagen 4. Sensores y Válvulas

## 2.3.2 Conexión eléctrico – Controlador

### Alimentaciones

La alimentación general del equipo RNME es 230V y esta alimenta directamente una UPS, a partir de la cual se alimentan el resto de los componentes.

El gabinete de control se conecta a UPS y a 230V de línea (bypass). La conexión a tensión de línea se hace a través de un relé conectado a una entrada del PLC, utilizada para detectar y dar alarma cuando el equipo este desconectado de la alimentación de línea y esté funcionando solo con UPS.

Además de la UPS, el equipo tiene una batería de 5Vdc (Powerbank) que alimenta en paralelo la alarma. Este batería sirve para asegurar que, si por alguna razón hay un fallo eléctrico en la alimentación de la UPS o se apaga el equipo por error, se dé una alarma sonora para alertar al respecto. Mediante este mismo mecanismo se implementa una alarma que alerta si el equipo es apagado (hard shut down) durante el funcionamiento.

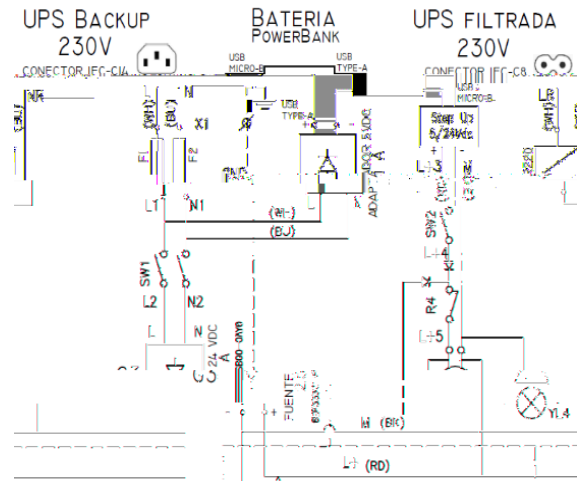


Imagen 5. Alimentación del equipo. Parte I.

### Conexiónado:

- UPS Backup - Conector IEC-C14 – Fusibles 2A =>
  - Switch bipolar – Fuente 24V<sub>dc</sub> – **Diodo - Relé Alarma - Alarma**
  - Conector hembra bipolar – Cargador Celular – Batería (Powerbank) – Step UP 5V<sub>dc</sub>/24V<sub>dc</sub> – Switch (SW2) – **Diodo – Relé Alarma – Alarma**

### Control

- De la fuente 24Vdc se alimenta directamente al PLC.
- Los 24Vdc que se usan para alimentar los elementos fuera del gabinete pasan por un fusible.
- Para alimentar los sensores se usa un Step Down 24Vdc/5Vdc.
- El manejo de las válvulas se hace a través de relés para asegurar la conmutación y la vida útil de cada componente.
- A las bobinas de las electroválvulas se les agrega un diodo en paralelo inversamente polarizado (flywheel) para aumentar la vida útil de los componentes.

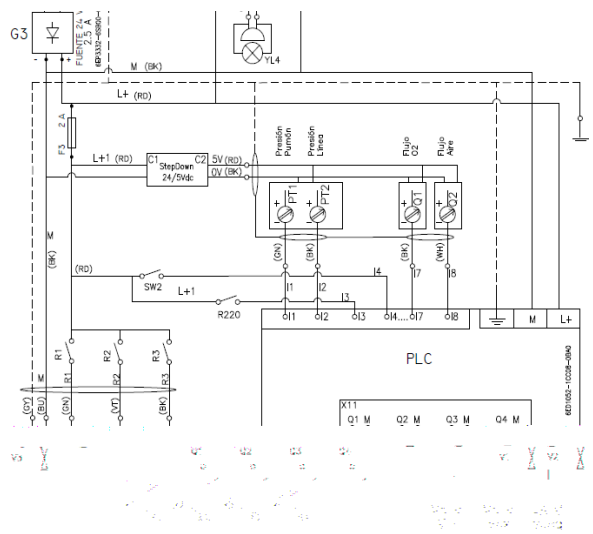


Imagen 6. Alimentación del equipo. Parte II.



### 2.3.3 Descripción del funcionamiento del programa del PLC

El PLC recibe las señales de las entradas analógicas, y realiza un escalado y filtrado de estas. Adicionalmente a este proceso se reciben en el PLC los parámetros de configuración asignados. En base a estas señales iniciales el sistema realizara una serie de cálculos que derivarán en la activación de las salidas del PLC, siempre y cuando se dé INICIO al sistema.

### 2.3.4 Desarrollo de Software – Controlador

El programa del controlador se divide en varias secciones.

#### *Entradas Analógicas*

- Escalado y filtrado señales analógicas:

- Presión Pulmón
- Presión línea de suministro
- Flujo Oxígeno
- Flujo Aire

Donde se tiene:

- Las señales analógicas serán escaladas individualmente.
- Las señales se filtran para evitar valores espurios.

#### *Configuración (desde interfaz)*

- Configuración de valores de funcionamiento, donde el usuario ingresa parámetros de uso:

- Frecuencia respiración
- Relación Inhalación-Exhalación
- Volumen corriente requerido
- Tiempo Hold (%)
- Relación FiO<sub>2</sub> (%)
- PEEP

Donde se tiene:

- Posibilidad de configuración por defecto.
- Verificación y bloqueo de rangos mínimos y máximos.

- Configuración de Parámetros de Alarma, Según los datos ingresados y otros valores por defecto que pueden ser modificados se determinan los límites de alarmas:

- Presión Pulmón (Máxima/Mínima)
- Flujo en espiración (Máximo)
- Volumen corriente (Máximo/Mínimo)
- FiO<sub>2</sub> (Máximo/Mínimo)

- Comandos

- Inicio
- Parada de Emergencia
- Off de Alarmas y Ack de Alarmas

### *Cálculos*

- Cálculos de parámetros a usar durante la ejecución. Dependen de valores ingresados:
  - Tiempo Inhalación
  - Tiempo Exhalación
  - Setpoint de Volumen Aire
  - Setpoint de Volumen O2
  
- Cálculo en ejecución de tiempo transcurrido, variables acumuladas y rangos según tiempos:
  - Tiempo Inhalación/Exhalación
  - Volumen corriente instantáneo
  - Presión pulmón máxima
  - Presión plateau
  - Presión PEEP
  - Máximo Volumen Tidal inspiración
  - FiO2
  - Compliance pulmonar
  
- Valores de control en ejecución del sistema
  - Ciclo Inhalación
    - Rango Presión Inhalación
    - Máximo Presión Exhalación
    - Rango Flujo Inhalación
    - Máxima Variación Presión Inhalación
  - Ciclo Exhalación
    - Rango Presión Exhalación
    - Máximo Presión Inhalación
    - Máximo Flujo Inhalación
    - Máxima variación Presión Exhalación

### *Seguridades*

- Alarmas
  - Alarma Sonora
  - Alarmas Modbus (Word)

Donde se tiene:

- Las variables de seguridad se utilizarán con valor en “1” cuando esta OK, y “0” cuando es una falla.

### *Salidas*

- Válvula Seguridad
- Válvulas Inhalación/Exhalación

Donde se tiene:

- Las salidas se bloquearán si se ejecuta la Parada del sistema desde el la interfaz del sistema (Display).

## 2.4 SISTEMA DE MONITOREO Y CONFIGURACIÓN

Este módulo constituye la interfaz de interacción entre las personas y el sistema. Físicamente se compone de un terminal conectado al módulo de control a través de un enlace TCP/IP sobre Ethernet. Esta interfaz permite configurar las variables de funcionamiento específicos para el paciente y a su vez visualizar las gráficas de tendencia y estado de alarmas.

### 2.4.1 Descripción del hardware

- PC's: Tablets y/o portátiles de Plan Ceibal (se puede reemplazar por equivalente)
- Conversor ETH-USB con adaptador microUSB-OTG
- Cargador USB

### 2.4.2 Arquitectura de software

El sistema de monitoreo cuenta con un front-end web, de manera que puede ser accedido y operado desde cualquier terminal con navegador web compatible. En particular el sistema ha sido probado con Google Chrome.

El back-end es un servidor web que se compone en realidad de dos servicios web independientes integrados en una misma interfaz:

- Servidor web del PLC Logo!: Comprende la mayoría de las pantallas y es el componente fundamental, ya que a través de este aplicativo web es que se realizan todas las configuraciones y operación del sistema.
- Servidor web NodeJS: Es un servidor opcional específico para generar gráficos de tendencia para un monitoreo enriquecido de la evolución de los ciclos respiratorios. Además, se encarga de reportar variables hacia un sistema auxiliar de monitoreo centralizado de respiradores.

Cabe destacar que ninguno de estos componentes de software es crítico, y tampoco lo es el terminal, en el sentido de que el sistema podrá continuar operando sin ningún problema ante una desconexión del terminal de operación.

Claro que el terminal toma un rol importante a la hora de modificar parámetros respiratorios, monitorear variables o comandar el sistema (iniciar o interrumpir la ventilación). Sin embargo en un caso extremo de contingencia esto podría ser incluso realizado a través del panel electrónico local del PLC.

El servidor web del PLC que tal como se señalaba es el más importante, corre en el PLC iniciando automáticamente durante el start-up. Su código fuente se encuentra alojado en la tarjeta microSD del PLC. Este servidor es accedido mediante cualquier terminal conectado físicamente a la subred ethernet del PLC y accediendo en un navegador web a su dirección IP.

El servidor de gráficas opcional no corre en el PLC por no contar este con recursos suficientes para desplegar las características gráficas necesarias. Por tal motivo para la pantalla de gráficas se ha desarrollado una aplicación prevista para su instalación local directamente en el terminal de operación. En este proyecto se ha instalado directamente en la Tablet Android. Se trata de un servidor desarrollado en nodeJS que por un lado se comunica con el PLC a

través del protocolo ModbusTCP, y por otro lado sirve un servicio web en localhost que puede ser consultado directamente desde navegador web de la propia tablet o terminal.

Para integrar ambas interfaces en una misma experiencia, se ha desarrollado en el servidor web principal (alojado en el PLC) una pantalla llamada “Gráficas” que contiene un iframe apuntando a localhost. De esta manera, siempre y cuando el servidor nodeJS esté activado en el propio terminal, se logra una experiencia integrada mediante la cual todas las pantallas son accedidas a través del menú de navegación de la aplicación principal.

### 2.4.3 Pantallas

Las siguientes pantallas permiten el monitoreo del sistema. Estas podrán ser visualizadas desde las Tablets o PC’s habilitadas, donde al ingresar, gracias a la ventana lateral izquierda de Navegación, se puede acceder a todas las pantallas sin ningún orden específico. En la Imagen 7 solo están expuestas en la disposición de prioridad que tienen en el sistema.

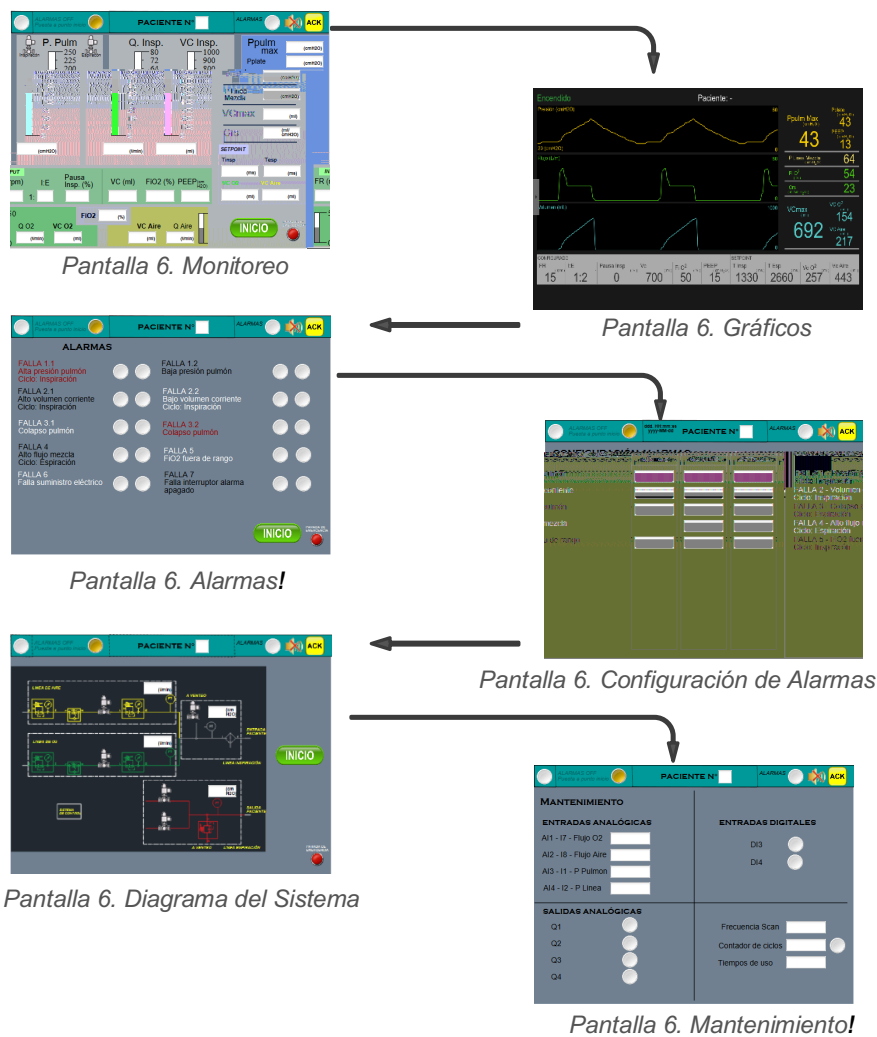


Imagen 7. Diagrama de Pantallas

## Pantalla 0. Navegador

Representa el listado de pantallas que tendremos para el sistema y su acceso se da, haciendo clic en el botón lateral izquierdo de la pantalla.



Imagen 8. Botón de Navegador y Pantalla.

## Pantalla 1. Monitoreo (Home Page)

Descripción: Esta pantalla es la página de inicio de la web, en ella se podrá:

Desde el panel superior:

- Asignar y visualizar un numero para la identificación del paciente.
- Botón y led de visualización de activación/desactivación de Alarmas.



Imagen 9. Panel Superior de pantallas

Además de;

- Cargar los valores principales de operación correspondientes.
- Visualizar los valores calculados por el sistema para determinada operación.
- Visualización grafica de las medidas de presión, flujo de inspiración y volumen de inspiración. (además se tiene la representación de las válvulas de inspiración y espiración, que permiten saber a tiempo real si están abiertas o no).
- Botones de Inicio y Parada de emergencia del sistema de respiración.

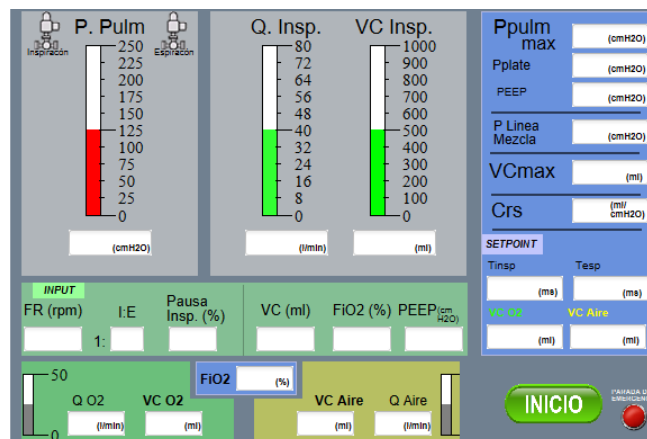


Imagen 10. Pantalla de Monitoreo

## Pantalla 2. Gráficos

Descripción: Se accede desde el listado de pantallas del navegador. Brinda una visualización enriquecida de los parámetros de funcionamiento de la página principal. Esta pantalla es solamente de monitoreo. No es posible realizar configuración o acciones de operación desde

#### **Pantalla 4. Configuración de Alarmas**

Descripción: Se accede desde el listado de pantallas del navegador. Cuenta con el panel superior ya visto anteriormente. Además, permite asignar los valores mínimos y máximos de alarmas para:

- Presión Pulmón
- Volumen corriente
- Colapso Pulmón
- Alto Flujo Mezcla
- Relación FIO2

*Imagen 13. Pantalla de C*

## Pantalla 6. Mantenimiento

Descripción: Se accede desde el listado de pantallas del navegador. Cuenta con el panel superior ya visto anteriormente. Permite visualizar las señales del elemento de control, donde se tiene:

- Entradas Digitales
- Entradas Analógicas
- Salidas Analógicas
- Asignar una frecuencia de scan
- Contador de Ciclos
- Tiempos de Uso

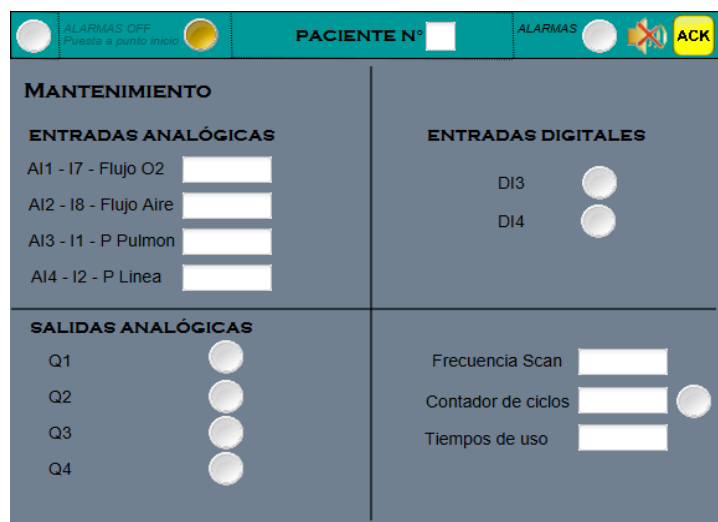


Imagen 15. Pantalla de Mantenimiento

## 2.5 SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL

El sistema de monitoreo central consiste en un servidor web basado en la herramienta Grafana. Este servidor cuenta con una base de datos donde se registran los estados operativos de todos los respiradores conectados.

Cada uno de los respiradores reporta sus datos de estado operativo y alarmas en forma periódica o por evento según el caso al sistema de monitoreo central. La comunicación es unidireccional. Esto es, el sistema central no tiene posibilidad de tomar iniciativa en la comunicación.

El sistema de monitoreo central puede ser desplegado (deploy) tanto en un servidor local dentro de la LAN del hospital donde se encuentran los respiradores, así como también puede ser desplegado en un servidor en internet. Esto es a elección del usuario. En el primer caso no se requiere conexión a internet, y los datos nunca salen de la LAN del recinto.

Cada uno de los respiradores reporta su información a través de la interfaz WiFi de su terminal de operación. Esta interfaz está previsto que se configure con IP automática DHCP, y para



habilitar la funcionalidad de monitoreo central se debe contar con una red WiFi disponible para tal fin (WLAN con o sin salida a internet según el modo de funcionamiento). El script encargado de reportar se encuentra dentro del servidor NodeJS utilizado para el ploteo de gráficas que fuera explicado en la sección anterior.

En la imagen 16 se muestra captura del sistema en funcionamiento.

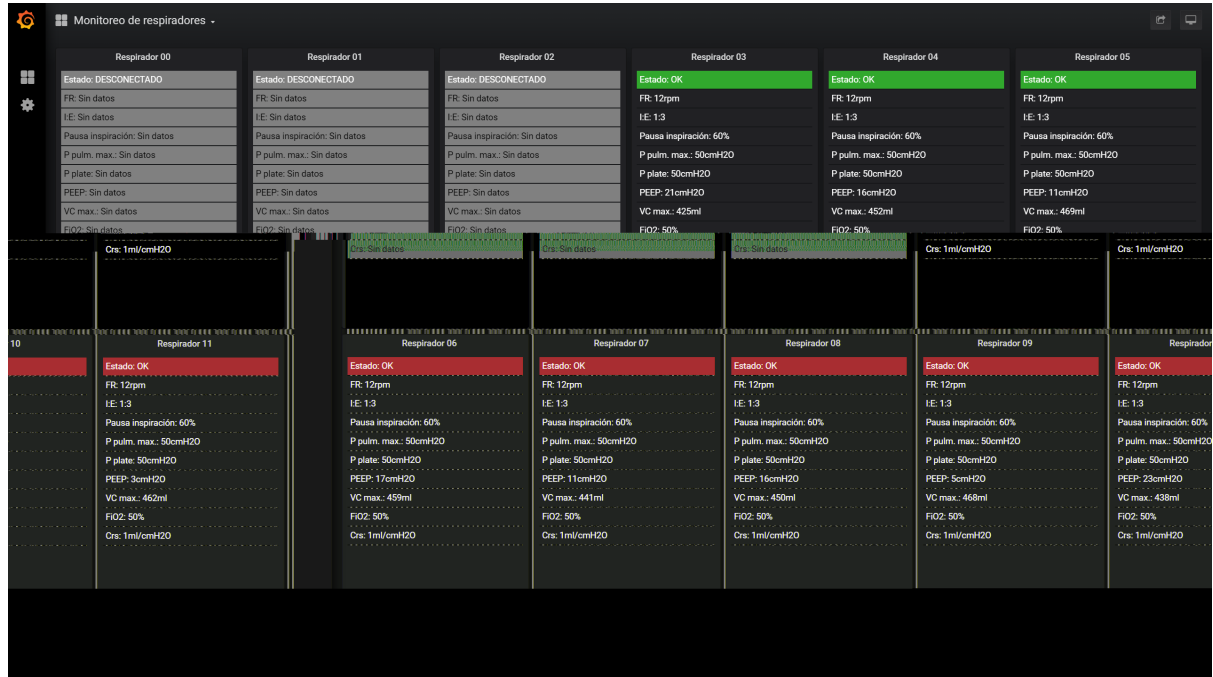


Imagen 16: Sistema de monitoreo central

Dado que pueden existir N respiradores conectados al sistema de monitoreo central, se debe contar con una forma de identificarlos. Para ello, la interfaz de operación de cada respirador permite configurarle a cada uno un número de paciente. Este número debería ser único para que la identificación sea única. Al reportar al sistema central cada respirador lo hará identificándose con su número de paciente configurado. De esta manera se puede tener una clara referencia de cada respirador. Este mecanismo además garantiza la privacidad ya que no se envía ningún dato personal. Se podría contar con una base de datos que mapee entre número de paciente y nombre de la persona, pero dicha base excede el alcance de este sistema.

Debe tenerse en cuenta que el sistema de centralización no realiza chequeo de consistencia para detectar conflictos por respiradores con número de paciente repetido. Si dos respiradores tienen configurado el mismo número de paciente, el sistema funcionará, pero el cuadrante correspondiente a ese respirador irá alternando los datos de ambos a medida que vayan llegando.

Por otra parte, si se configura un nuevo número de respirador que no existía hasta el momento, el mismo se dará de alta automáticamente y aparecerá en forma espontánea en el panel de monitoreo apenas se conecte. Una vez dado de alta dicho cuadrante no volverá a desaparecer. Si el respirador se da de baja el cuadrante seguirá existiendo, solo que mostrará estado “desconectado”. Si se desea purgar el panel para eliminar cuadrantes en desuso esto debe hacerse mediante purgando la base de datos.

## 2.6 DIAGRAMA DE RED

En la imagen 17 se muestra un diagrama general de la red conformada por N respiradores conectados a un sistema de monitoreo central.

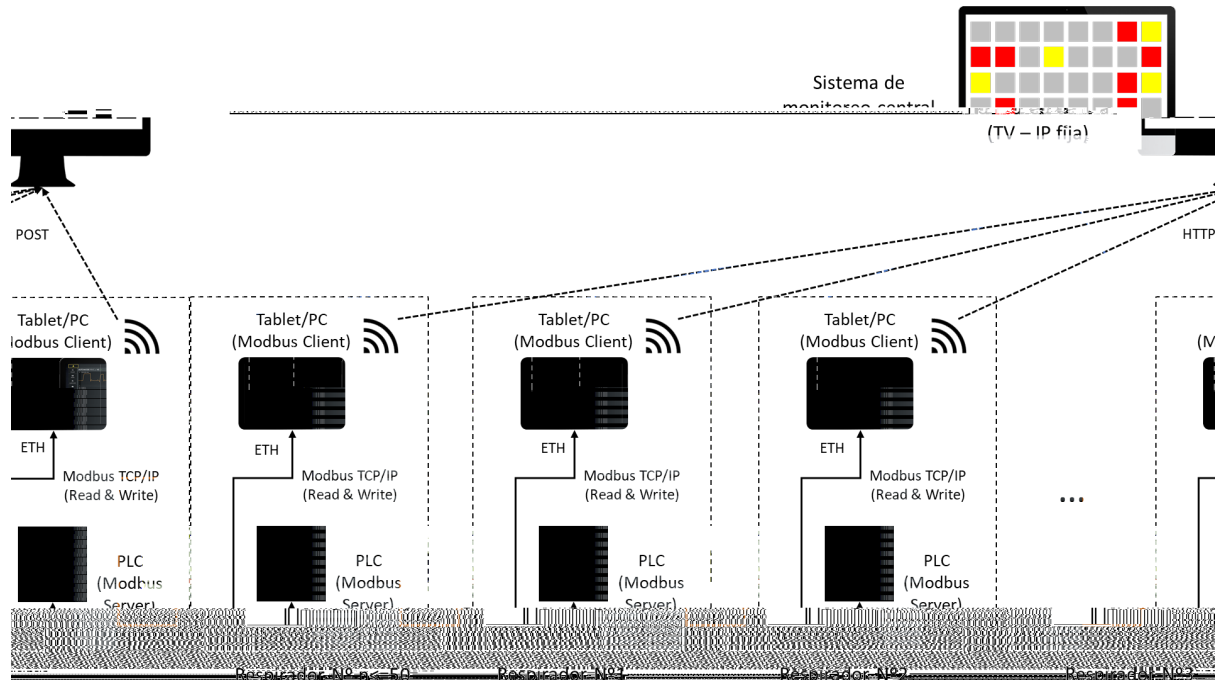


Imagen 17. Diagrama de red y sistema de monitoreo central

En la imagen 18 se muestra un detalle de cómo se realiza físicamente la interconexión entre los controladores y los terminales de operación.

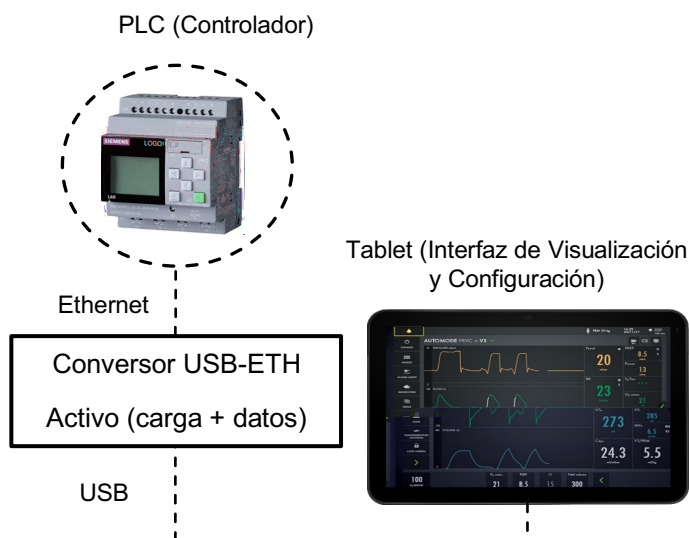


Imagen 18. Diagrama de un Respirador

En todos los casos los controladores y la interfaz eth0 (convertor ethernet USB) de la terminal de operación tienen IP fijas, configuradas respectivamente de la siguiente forma:

**Controlador:**

IP: 172.16.0.1

Máscara: 255.255.255.0

**Terminal:**

IP: 172.16.0.2

Máscara: 255.255.255.0

Esta configuración fija e idéntica para cada dispositivo permite que estos puedan ser reemplazados fácilmente por repuestos con configuración estándar sin necesidad de realizar ninguna configuración específica de nodo.

La interfaz WiFi del terminal, por su parte, se configura por defecto con IP dinámica por DHCP asumiendo que existen una red WiFi con servidor DHCP.

Finalmente, una vez hecho el deploy del sistema de monitoreo central, se le debe asignar a su servidor una IP fija en el rango de los respiradores (misma subred) en el caso de conexión local, o un DNS en el caso de conexión a través de internet. Una vez realizada esta configuración se debe configurar este dato en el script de reporte NodeJS del terminal.

## 3 ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### 3.1 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes del Tablero de Control.....	7
Tabla 2. Componentes de Control.....	7

### 3.2 ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Configuración Inicial .....	4
Imagen 2. Diagrama del Sistema Control.....	5
Imagen 3. Tablero de Control .....	7
Imagen 4. Sensores y Válvulas .....	7
Imagen 5. Alimentación del equipo. Parte I.....	8
Imagen 6. Alimentación del equipo. Parte II.....	8
Imagen 7. Diagrama de Pantallas .....	12
Imagen 8. Botón de Navegador y Pantalla.....	13
Imagen 9. Panel Superior de pantallas.....	13
Imagen 10. Pantalla de Monitoreo.....	13
Imagen 11. Pantalla de gráficos .....	14
Imagen 12. Pantallas de Alarmas.....	14
Imagen 13. Pantalla de Configuración de Alarmas .....	15
Imagen 14. Pantalla de Diagrama del Sistema .....	15
Imagen 15. Pantalla de Mantenimiento .....	16
Imagen 16: Sistema de monitoreo central .....	17
Imagen 17. Diagrama de red y sistema de monitoreo central .....	18
Imagen 18. Diagrama de un Respirador.....	18