




RNME

Respirador Neumático
Modular de Emergencia

MEMORIA DEL SISTEMA NEUMÁTICO

	Memoria del Sistema Neumático	Fecha. 31.05.2020
		Código: MEM-02
		Rev.: 1

Contenido

- 1. Objetivo..... 2
- 2. Funcionamiento general 2
- 3. Sistema Neumático 3
 - 3.1 Diagrama del sistema neumático.....3
 - 3.2 Principales componentes.....5

	Memoria del Sistema Neumático	Fecha. 31.05.2020
		Código: MEM-02
		Rev.: 1

1. Objetivo

El siguiente documento tiene por objetivo describir el sistema neumático del Respirador Neumático Modular de Emergencia (RNME). El equipo está concebido para atender casos de insuficiencia respiratoria en una situación de extrema emergencia, en particular durante la pandemia COVID-19.

2. Funcionamiento general

En su primera versión, el equipo cuenta con un sistema de ventilación mandatorio continuo controlado por volumen. El volumen es controlado de forma semiautomática. El sistema de control es capaz de comandar y regular todas las variables del ciclo respiratorio, con excepción de los flujos de ambos gases. Esta regulación queda delegada al usuario, quien debe configurar dichos flujos manualmente, utilizando los flujómetros que se encuentran en el frente del equipo. 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_2 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.

3. Sistema Neumático

3.1 Diagrama del sistema neumático

La figura 1 muestra el plano del sistema neumático.

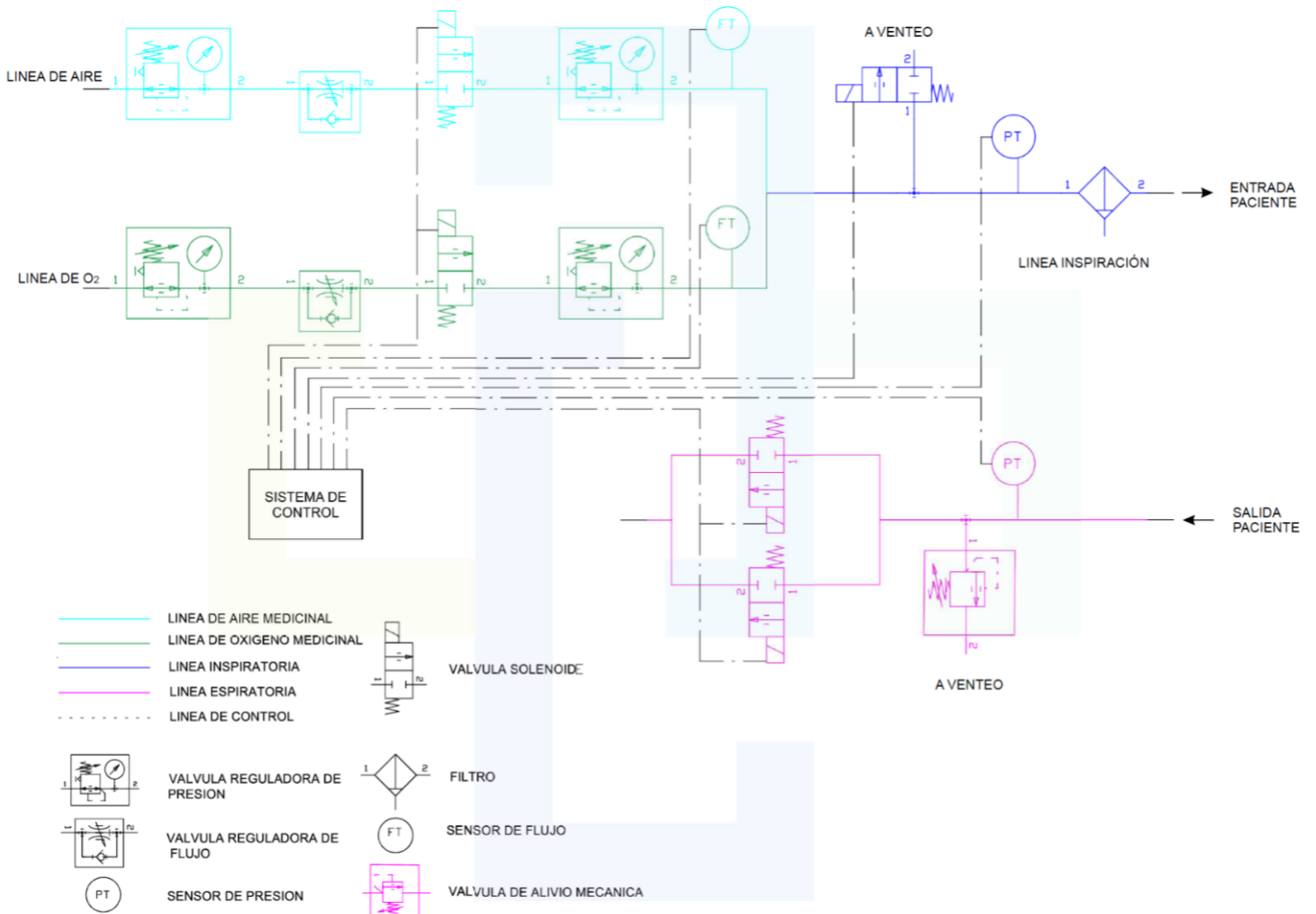


Fig. 1 Plano del sistema neumático - Plano N-003

	Memoria del Sistema Neumático	Fecha. 31.05.2020
		Código: MEM-02
		Rev.: 1

El equipo RNME se alimenta de líneas presurizadas de aire y oxígeno medicinal. La presión de suministro no debe superar los 8 bar. En ambas líneas, se ajusta la presión de ingreso mediante un regulador de presión a 4 bar.

Luego se encuentran las válvulas reguladoras de flujo manual (flujómetros). El usuario debe ajustarlas para obtener el volumen corriente deseado. El ajuste lo realiza orientándose con el setpoint de volumen para cada línea que el sistema calcula automáticamente y se muestra en el display del equipo.

A estos le siguen las electroválvulas de inhalación y los reguladores de presión de baja que tienen por objetivo disminuir la presión para realizar la mezcla. Estas están reguladas de acuerdo con el procedimiento PRO-01.

Mediante los sensores de flujo de ambas líneas, el sistema calcula y monitorea los volúmenes que se están suministrando para cada gas. El cálculo de FiO_2 no se realiza a través de una celda de oxígeno como en los respiradores convencionales, sino en base a la fracción de volumen de aire y oxígeno suministrado. Finalmente, se produce la mezcla de gases y esta ingresa a la línea de inspiración.

En la línea inspiratoria, hay una electroválvula de seguridad. Esta abre a venteo cuando la presión del pulmón supera el valor configurado como máximo en la alarma de alta presión pulmón. También se tiene un sensor de presión que indica la presión de línea previo al ingreso al pulmón. Finalmente, entre el equipo y la tubuladura inspiratoria del paciente, se tiene un filtro HEPA antibacteriano para asegurar el ingreso de aire limpio al paciente.

La línea de espiración cuenta con un sensor de presión el cual monitorea las presiones del pulmón del paciente. La válvula mecánica de alivio sirve como última barrera frente a una eventual sobrepresión en dicha línea. Esta funciona por el método de medición de burbujeo y la presión de apertura se regula en función de la altura de la columna de agua en cmH_2O . Finalmente, se tienen dos electroválvulas que abren en el ciclo espiratorio.

	Memoria del Sistema Neumático	Fecha: 31.05.2020
		Código: MEM-02
		Rev.: 1

3.2 Principales componentes

En esta sección se presenta los principales componentes para la construcción de un equipo RNME. Los materiales se dividen en los siguientes conjuntos (ver plano RNME_01):

Tabla 1. Principales componentes del equipo RNME.

POS.	CODIGO	DESCRIPCION	CANT
1.1	CJ.CH	CJ. CHASIS DE MONTAJE	1
1.2	CJ.COV	CJ. COVERTOR TRASERO	1
1.3	CJ.VAVL.ALIV	CJ. VALVULA DE ALIVIO HIDRAULICA	1
1.4 A	CJ. MOD. NEUM	CJ. MODULO NEUMATICO	1
1.5	CJ. ELECT	CJ. CONTROLADOR INTEKA	1
1.6	TABL	TABLET 8" PLAN CEIBAL	1
1.7	ELE09	UPS	1
1.8	FIT03	FILTRO HEPA	1

Se encuentra disponible en la web la lista de materiales completa y detallada en el documento REG-03_Lista_Materiales.

Cabe señalar que el modulo 1.4 A en algunos equipos fue sustituido por el modulo 1.4 B. En este modulo alternativo se utilizaron sensores de flujo diferentes. Utilizar estos sensores implicó la creación de una lista de materiales alternativa. El detalle se encuentra disponible en la lista completa de materiales.

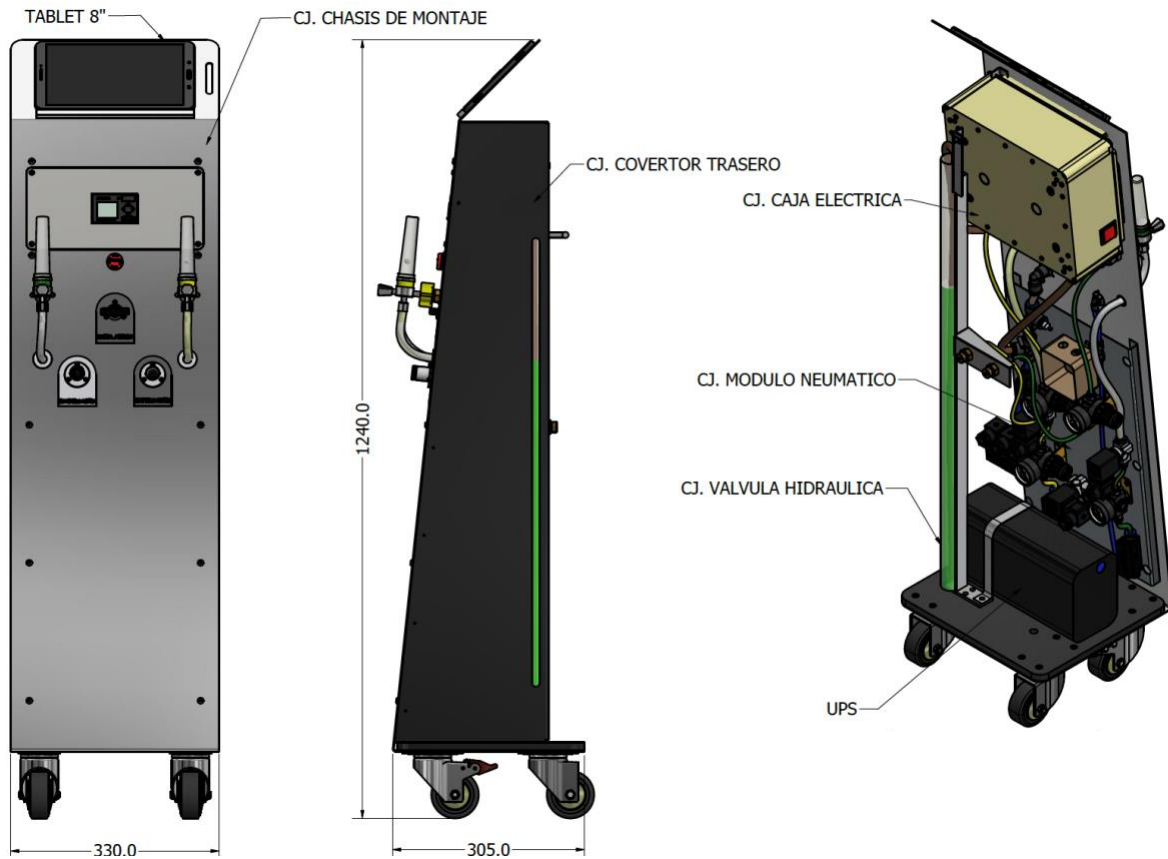


Fig. 2. Ensamblaje general - Plano RNME_01

Es importante mencionar que los materiales utilizados para el equipo RNME son de uso industrial y no de grado medicinal. Los materiales se seleccionaron en función a su a la disponibilidad en plaza al momento de fabricación de los respiradores y dentro de estos los que tenían una mejor prestación para su función. Se muestran sus especificaciones técnicas solamente a modo de referencia.

Se detallan en este documento el modulo neumático y el modulo de la válvula de alivio hidráulica.

3.2.1 Modulo de neumático

El modulo neumático se encuentra montado en una omega de montaje cuyas dimensiones se especifican en el plano RNME_16.

Los principales componentes se encuentran dispuestos de acuerdo con plano RNME_12 que se muestra en la figura 1.

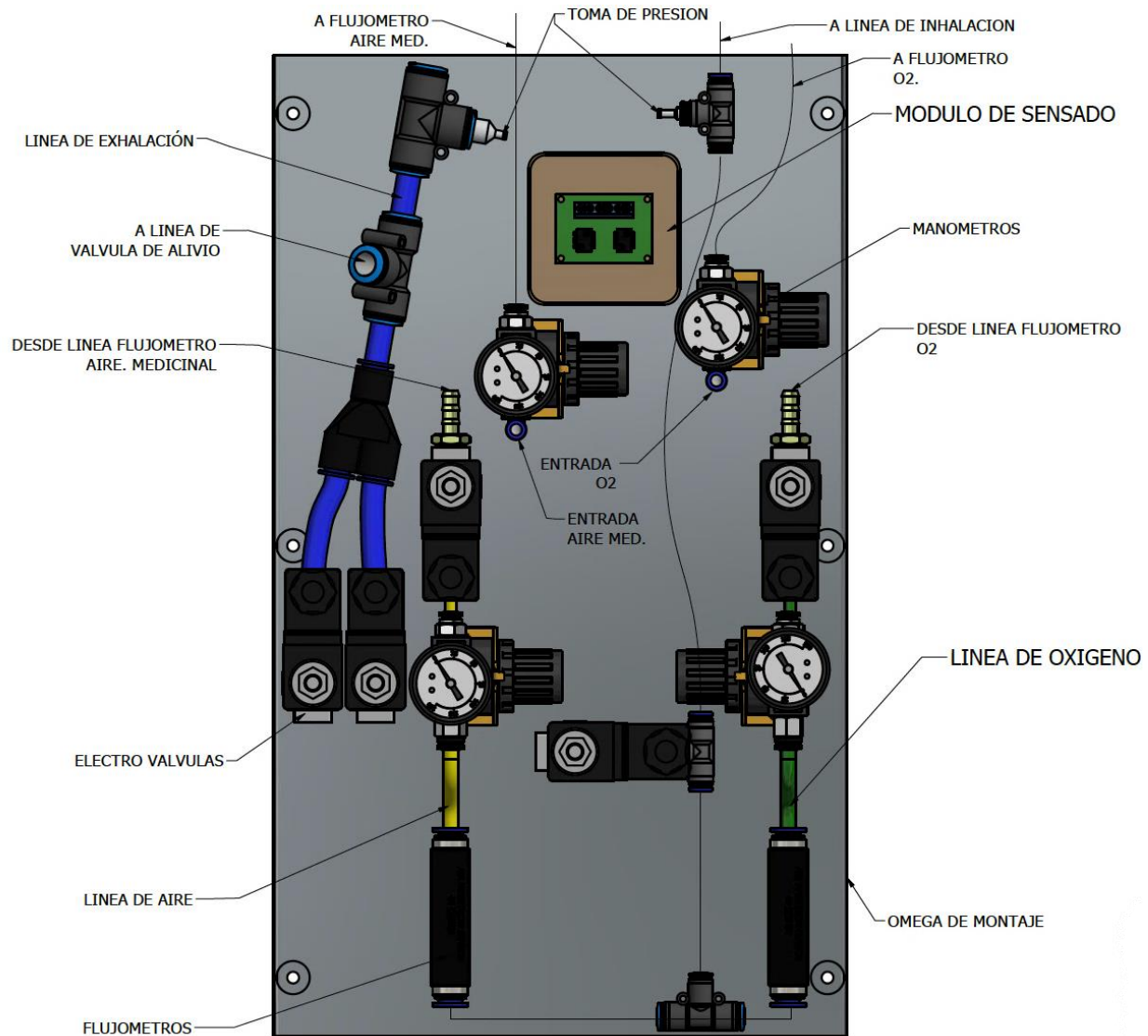


Fig. 3 Modulo neumático (Plano RNME_12)

Es importante mencionar que las líneas de aire, oxígeno y mezcla se realizaron en un diámetro de 6mm. Mientras que la línea de exhalación, con el fin de disminuir las pérdidas de carga y favorecer la rápida descarga, se realizaron con un diámetro de 12mm.

	Memoria del Sistema Neumático	Fecha: 31.05.2020
		Código: MEM-02
		Rev.: 1

Los principales componentes del modulo neumático se listan en la tabla 1.

Tabla 2. Principales componentes del modulo neumático.

COD. PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
REG01	Válvula Reguladora de Presión de Alta c/Manómetro. Conexión 1/4" Rango: 0 - 10 Bar	2
REG02	Regulador de Presión de Aire de Baja Rango: 0 -8 bar Conexión 1/4"	2
FLU01	Flujometro Aire 0-15 l/min	1
FLU02	Flujometro O2 0-15 l/min	1
EVA01	Electroválvula 2/2. N/C 2 mm Conexión 1/4" - Inhalación y seguridad	3
EVA02	Electroválvula 2/2. N/C 4mm Conexión 1/4" - Exhalación	2

REG01 – Válvula reguladora de presión de alta

Fabricante: VOGUE

Código: AR2000-02

Tabla 3. Especificaciones técnicas REG01

Fluido	Aire
Presión máx	10 bar
Temperatura	5 °C a 60 °C
Rango de regulación	0,5 – 8,5 bar
Conexión	G ¼"



Fig. 4 REG01 - Regulador de presión de alta

REG02 – Válvula reguladora de presión de baja

Fabricante: AIR WORK

Código: XR0230

Tabla 4. Especificaciones técnicas REG02

Fluido	Aire
Presión máx	15 bar
Temperatura	-10 °C a +50 °C
Rango de regulación	0 – 8 bar
Conexión	G ¼"



Fig. 5 REG02 – Regulador de presión de baja

Dado que en plaza no había disponible la cantidad suficiente del REG02 para todos los equipos, algunos fueron montados con el código alternativo REG03. Sus especificaciones se muestran a continuación:

REG03 – Válvula reguladora de presión de baja alternativa

Fabricante: AIR WORK

Código: XR1230

Tabla 5. Especificaciones técnicas REG03.

Fluido	Aire
Presión máx	15 bar
Temperatura	-10 °C a +50 °C
Rango de regulación	0 – 8 bar
Conexión	G ¼"



Fig. 6. REG03 - Regulador de presión de baja alternativo.

Cabe señalar que los reguladores (REG01, REG02 y REG03) fueron limpiados y vueltos a engrasar previo a su uso. Esta operación se realizó para remover la grasa existente y sustituirla por otra apta para su uso con oxígeno.

FLU01 – Flujómetro de aire

Fabricante: Moriya



Fig. 7. FLU01 - Flujómetro de aire

FLU01 – Flujómetro de oxígeno

Fabricante: Moriya



Fig. 8. FLU02 - Flujómetro de oxígeno

EVA01 - Electroválvula inhalación y seguridad

Fabricante: Jefferson

Código: 2026BA222

Tabla 6. Especificaciones técnicas EVA01

Normalmente cerrada	
2 vías	
Acción directa.	
Conex. ins.	¼ "
Diametro orificio	2 mm



Fig. 9. EVA01 - Electroválvula inhalación y seguridad

EVA012 - Electroválvula espiración

Fabricante: Jefferson

Código: 2026BA402

Tabla 7. Especificaciones técnicas EVA02

Normalmente cerrada	
2 vías	
Acción directa.	
Conex. ins.	¼ "
Diametro orificio	4 mm

Como se menciona en el documento MEM-01_Memoria_Descriptiva las electroválvulas de espiración se repasan manualmente para eliminar cualquier imperfección que pudiese generar la más mínima fricción o restricción, con el fin de minimizar las perdidas en la linea espiratoria y asegurar la rapida descarga.

Los sensores utilizados para monitorear el flujo y la presión se muestran a continuación.

SEN01 – Sensor integrado de presión

Fabricante: First Sensor
Código: HDIM500GUY8P5

Rango de presiones: 0 – 500 mbar
Salida analógica

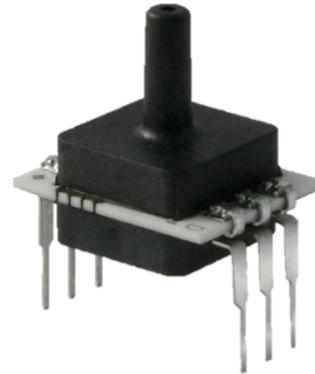


Fig. 10. Sensor de presión.

SEN02 – Sensor integrado de flujo

Fabricante: First Sensor
Código: WTAL040DUP

Rango de flujo: 2 - 50 slpm
Salida analógica



Fig. 11. SEN02 - Sensor de flujo.

El código alternativo para los SEN02, y por los cuales se crea el modulo neumático alternativo 1.4 B, son los SEN03. Debido a que la salida de estos sensores es digital y las entradas al PLC analógicas, se tuvo que desarrollar una placa con conversores I²C digitales a analógicos para permitir la comunicación entre el sensor y el PLC. Los materiales utilizados se detallan en la lista completa de materiales.

SEN03 – Sensor integrado de flujo alternativo

Fabricante: Honeywell
Código: HAFUHT0050L4AXT

Rango de flujo: 0 – 50 slpm
Salida: Dirección digital I²C: 0x49.



Fig. 12. SEN03 - Sensor de flujo alternativo

3.2.2 Modulo de válvula de alivio

La válvula de alivio hidráulica opera como ultima barrera de protección ante una sobrepresión en el pulmón. Como se indica en la figura 1, esta se encuentra en la línea espiratoria.

Es una manguera de 32mm de diámetro (ver plano RNME_10). La presión de apertura se ajusta según la altura de la columna de agua en cmH₂O, el rango de ajuste es de 5 – 75 cmH₂O. Para esto cuenta con un puerto de inyección, al cual se accede por la parte posterior del equipo. Por el mismo puerto se puede añadir o quitar agua utilizando una jeringa. Se recomienda el uso de agua con algún tipo de colorante y desinfectante. En el caso del equipo RNME se utilizo un colorante amarillo y amonio cuaternario.

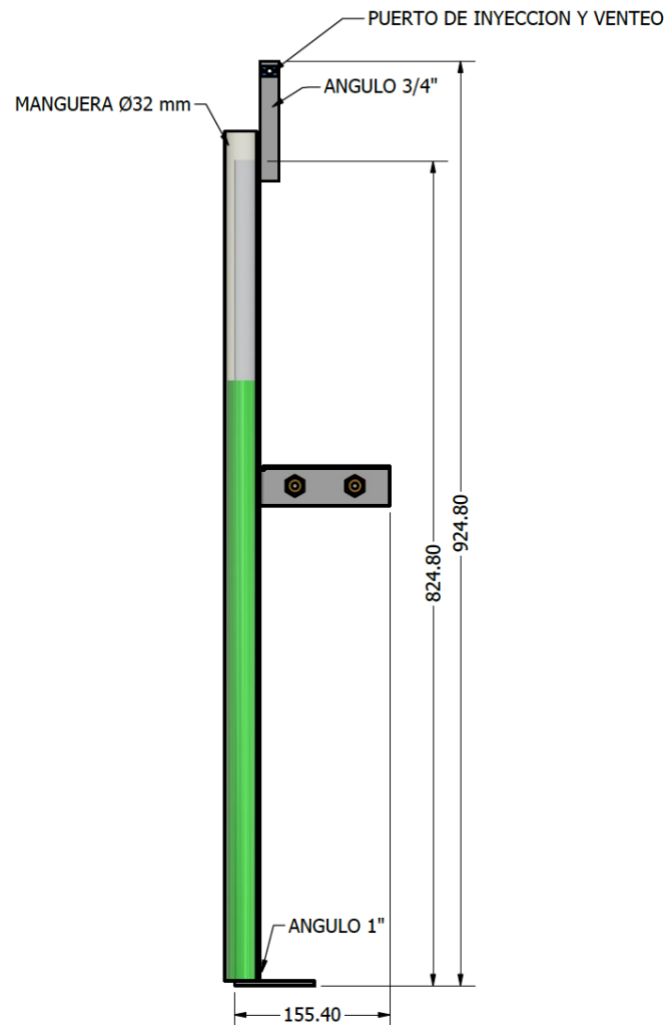


Fig. 13 Válvula de alivio - Plano RNME_10

La presión de apertura se regula de acuerdo con el procedimiento PRO-02. El equipo RNME se entrega con la válvula ajustada para que abra a una presión aproximada a los 65 cmH₂O.

Es importante mencionar que el usuario, en caso de una emergencia donde se necesite trabajar a presiones mayores, puede deshabilitar la válvula de alivio cerrando la llave de paso que se encuentra en el frente del equipo RNME.

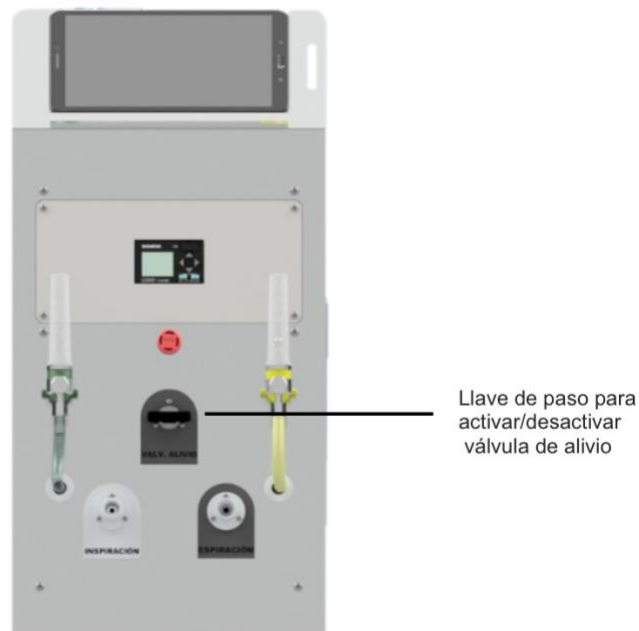


Fig. 14. Frente del equipo RNME.

En caso de que se active la válvula de alivio por una sobrepresión mayor a 75 cmH₂O esta va a actuar y va a expulsar el agua por la parte inferior del equipo. En este caso, se debe volver a ajustar la altura de la columna de agua a la presión de apertura deseada para compensar la pérdida de agua.