

Universidad Nacional de Córdoba- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Ingeniería Biomédica

Proyecto Integrador

Proyecto de refuncionalización de planta generadora de Aire Comprimido Medicinal, Hospital Municipal de Urgencias de la Ciudad de Córdoba



Alumnos:

Paz, Daniel Alfredo

Matricula: 37.087.963

Turati, Agustina María Rosa

Matricula: 36.257.650

Director: Ing. Li Gambi, José

Co-Director: Ing. Maestro, Silvina e Ing. Verra, Daniel



Septiembre, 2016

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá Mabel, que sin su apoyo y esfuerzo esto no hubiera sido posible. A mis hermanos, sobrinos, novio y amigos por acompañarme día a día. A mi papá y abuelos por guiarme desde el cielo.

Agustina

A mi mamá , Alicia, y a mi hermano, Rodrigo, gracias por ayudarme a transitar este camino y nunca soltarme la mano. A mis amigos por lo compartido estos años y por hacer más fácil el día a día.

Daniel

RESUMEN

Este proyecto integrador surgió de la necesidad de establecer un diseño basado en la normativa vigente para mejorar las instalaciones de la sala generadora de aire comprimido medicinal del Hospital Municipal de Urgencias de la Ciudad de Córdoba.

Se evaluaron y relevaron aspectos inherentes a la generación y distribución de este gas medicinal, determinando así las fortalezas y debilidades de la sala actual.

El proyecto de mejora se basa en la norma IRAM-ISO 7396-1: “Sistemas de redes de gases medicinales. Sistemas de redes para gases medicinales comprimidos y vacío” la cual entró en vigencia en el año 2014. En complemento con esta, se utilizó la norma internacional NFPA 99 “Health Care Facilities Code”, para aquellos aspectos que no están contemplados por la norma nacional.

En base a lo relevado y a las sugerencias de cada una de las normas, se plantea una solución adaptable al equipamiento actual, realidad económica, planta física disponible, como así también otros aspectos relevantes; logrando el diseño de una planta de aire comprimido medicinal que siga los lineamientos contemplados por la normativa vigente, garantizando así calidad y continuidad en el suministro de este gas, dado que el mismo se utiliza para el cuidado de pacientes en estado crítico.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN	5
CONTENIDO.....	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	13
ÍNDICE DE TABLAS	15
INTRODUCCIÓN.....	17
OBJETIVOS.....	18
Objetivos generales.....	18
Objetivos particulares	19
CAPÍTULO I: HOSPITAL MUNICIPAL DE URGENCIAS	21
1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	21
2. INSTALACIONES.....	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	25
1. GASES MEDICINALES	25
1.1 GAS.....	26
1.1.1 GAS COMPRIMIDO	26
2. AIRE ATMOSFÉRICO.....	26
3. AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	27
4. APLICACIONES DEL AIRE MEDICINAL.....	27
5. LEGISLACIÓN VIGENTE	28
6. GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.....	29
7. IRAM-ISO 7396-1: Sistemas de redes de Gases Medicinales. Sistemas de redes para gases medicinales comprimidos y vacío.....	30
7.1 SISTEMAS DE SUMINISTRO.....	30
7.1.1 SISTEMA DE SUMINISTRO CON COMPRESORES DE AIRE	31
7.1.1.1. Condiciones de la sala – Toma de aire.....	32
7.1.2 SISTEMA DE SUMINISTRO CON CILINDROS O BATERÍA DE CILINDROS	33
7.1.3 SISTEMA DE SUMINISTRO CON UNIDAD MEZCLADORA.....	33
8. COMPONENTES DE LA SALA DE MÁQUINAS	35
8.1. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO CON COMPRESORES DE AIRE.....	35
8.1.1 COMPRESORES	35
8.1.1.1 Clasificación de los compresores.....	35
8.1.2 TANQUE DE RESERVA	39
8.1.3 POST-ENFRIADORES	42
8.1.4 SEPARADOR DE ACEITE.....	44
8.1.5 FILTROS.....	46

8.1.6	ABSORBEDOR.....	47
8.1.7	CATALIZADOR.....	48
8.1.8	VÁLVULA DE ALIVIO.....	49
7.1.9	VÁLVULA DE RETENCIÓN (DIODO NEUMÁTICO).....	50
8.1.10	SECADOR FRIGORÍFICO.....	50
8.1.11	SECADOR POR ADSORCION.....	52
8.1.12	SENSOR DE PUNTO DE ROCÍO.....	53
8.2	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO CON CILINDROS O BATERÍAS DE CILINDROS.....	54
8.2.1	BANCO DE CILINDROS O BATERÍA DE CILINDROS.....	54
8.2.2	MANIFOLD.....	56
8.2.3	REGULADORES DE PRESIÓN.....	57
8.2.4	MANGUERAS FLEXIBLES.....	58
8.3	COMPONENTES DE LA UNIDAD MEZCLADORA.....	58
8.3.1	MEZCLADORES DE AIRE.....	59
8.3.1.1	Módulo proporcional.....	60
8.3.1.2	Analizador de concentración de oxígeno.....	60
9.	RED DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.....	62
9.1	COMPONENTES DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO.....	62
9.1.1	TUBERÍAS.....	62
9.1.2	MATERIALES.....	63
9.1.3	IDENTIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS.....	64
9.2	VÁLVULAS DE CORTE.....	64
9.3	UNIDADES TERMINALES- PANEL DE GASES MÉDICOS.....	65
9.4	CONJUNTO DE SUMINISTRO DE MANTENIMIENTO.....	66
9.5	SISTEMAS DE SUPERVISIÓN Y ALARMA.....	66
9.5.1	REQUISITOS DE LA INSTALACIÓN.....	67
9.5.2	SEÑALES DE SUPERVISIÓN Y ALARMA.....	69
9.5.2.1	Señales sonoras.....	70
9.5.2.2	Señales visuales.....	70
9.5.2.3	Características de alarmas de emergencia y operacionales.....	71
9.5.2.4	Señales informativas.....	71
9.5.2.5	Ampliaciones de la alarma a distancia.....	71
10.	CALIDAD DEL AIRE.....	71
11.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y SISTEMA DE CONTROL.....	73
11.1	ARRANQUE DEL MOTOR TRIFÁSICO.....	73
11.1.1	COMPONENTES DEL TABLERO ELÉCTRICO.....	76
11.2	SISTEMA DE CONTROL.....	77

12. RECOMENDACIONES DE LA NFPA 99.....	79
13. SEGURIDAD E HIGIENE	84
13.1 RIESGO POR FUGAS DE GASES MEDICINALES	84
13.2 RIESGO MECÁNICO.....	85
13.3 RUIDO EN AMBIENTE LABORAL.....	86
13.3.1 SONIDO Y RUIDO	87
13.3.2 DOSIS DE RUIDO	88
13.3.3 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.....	88
13.3.3.1 Medición de dosis de ruido	89
13.3.3.2 Medición de niveles sonoros equivalentes	89
13.3 ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS Y PASOS A SEGUIR.....	91
13.4 RIESGO CONTRA INCENDIO	92
13.4.1 REGLAMENTACIÓN.....	95
13.5 RIESGO ELÉCTRICO	95
13.5.1 EFECTOS DE LA CORRIENTE	96
13.5.2 PROTECCIONES.....	98
CAPÍTULO III: RELEVAMIENTO.....	99
1. SERVICIOS INVOLUCRADOS AL CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL.....	99
1.1 EQUIPOS INVOLUCRADOS EN CADA SERVICIO	101
1.1.1 RESPIRADOR	102
1.1.2 MESA DE ANESTESIA.....	103
1.1.3 EQUIPO DE LIMPIEZA.....	104
1.1.4 EQUIPO DE TRAUMATOLOGIA.....	104
2. SALA DE MÁQUINAS DE AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	104
2.1 UBICACIÓN	104
2.2 ASPECTOS EDIFICIOS.....	105
2.3 CONDICIONES AMBIENTALES	107
2.4 EQUIPAMIENTO.....	108
2.4.1 FILTRO DE AIRE	108
2.4.2 COMPRESORES	108
2.4.3 TANQUE DE RESERVA	109
2.4.4 SECADOR FRIGORIFICO.....	110
2.4.5 ELECTROVÁLVULA DE ALIVIO	110
2.4.6 PRESOSTATO.....	111
2.4.7 VÁLVULA DE RETENCIÓN.....	112
2.4.8 FILTROS.....	112
2.4.9 VÁLVULA DE CORTE MANUAL	113
3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	114

3.1 COMPONENTES DEL TABLERO SECCIONAL.....	117
3.1.1 CONTACTOR PARA CONEXIÓN EN ESTRELLA.....	118
3.1.2 CONTACTOR PARA CONEXIÓN EN TRIÁNGULO.....	118
3.1.3 TIMER PARA CONMUTACIÓN ESTRELLA-TRIÁNGULO.....	118
3.1.4 RELÉ DE SOBREINTENSIDAD.....	119
3.1.5 CONTACTORES AUXILIARES.....	119
3.1.6 MULTIPLEXOR MANUAL PARA COMPRESORES.....	119
4. INSTALACIÓN DE GASES.....	120
4.1 CILINDRO DE AIRE COMPRIMIDO.....	123
5. SEGURIDAD E HIGIENE.....	124
5.1 RIESGO MECÁNICO.....	124
5.2 RIESGO DE INCENDIO.....	124
5.3 RIESGO ELÉCTRICO.....	126
5.4 RIESGO ASOCIADO AL RUIDO EN EL AMBIENTE LABORAL.....	126
CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE CONSUMO Y CÁLCULO DE RED DE DISTRIBUCIÓN.....	131
1. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DEL HOSPITAL.....	131
2. DETERMINACIÓN DE CAÑERÍAS PARA EL CONSUMO ESTIPULADO.....	135
CAPITULO V: PROPUESTAS DE SISTEMA DE SUMINISTRO Y SELECCIÓN.....	143
1. PROPUESTAS DE SISTEMAS DE SUMINISTRO.....	143
1.1 PROPUESTA UNO: Dos unidades compresoras más banco de cilindros.....	143
1.2 PROPUESTA DOS: Tres unidades compresoras.....	145
1.3 PROPUESTA TRES: Dos unidades mezcladoras y un banco de cilindros.....	146
2. SELECCIÓN DE PROPUESTA Y JUSTIFICACIÓN.....	146
3. SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LA SALA.....	149
3.1 POSTENFRIADORES.....	149
3.2 TANQUE DE RESERVA.....	149
3.3 SECADORES.....	150
3.4 CADENA DE FILTROS.....	153
3.5 ABSORBEDOR.....	155
3.6 CATALIZADOR.....	155
3.6 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	156
4. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SALA.....	158
5. INSTALACIÓN PARA HERRAMIENTA NEUMÁTICA.....	160
6. COTIZACIÓN RELEVADA PARA NUEVOS ELEMENTOS DE LA SALA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.....	161
7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	166
CAPÍTULO VI: IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO.....	167
1. ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN.....	167

2. HIGIENE Y SEGURIDAD	175
2.1 RIESGO MECÁNICO.....	175
2.2 RIESGO ASOCIADO A RUIDO.....	175
2.3 RIESGO ELÉCTRICO	176
2.4 RIESGO DE INCENDIO	176
3. FUNCIONAMIENTO DE LA SALA.....	177
3.1 FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE LOS COMPRESORES.....	177
3.1.1 Determinación de PLC	183
3.2 FUNCIONAMIENTO MANUAL DE LOS COMPRESORES	183
4. PANEL DE SUPERVISIÓN Y ALARMA	184
5. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS EQUIPOS DENTRO DE LA SALA	187
6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	189
CONCLUSIÓN	193
BIBLIOGRAFIA.....	195
Anexo 1: Diagrama funcional del Hospital Municipal de Urgencias.....	199
Anexo 2: Planos	201
Anexo 3: Protocolo de medición de ruido en el ambiente laboral.....	205
Anexo 4: Esquema de los tramos utilizados para el cálculo de los diámetros de cañerías	209
Anexo 5: Diagrama de flujo del funcionamiento del PLC	211
Anexo 6: Dimensionamiento de conducto de aire para toma de aire externa	213
Anexo 7: Recomendaciones	217
1. RED DE DISTRIBUCIÓN.....	217
2. RESPONSABILIDADES.....	218
3. HERRAMIENTA QUIRÚRGICA.....	218
4. MANTENIMIENTO.....	219

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización del Hospital Municipal de Urgencias en un mapa político de la ciudad de Córdoba.	21
Ilustración 2. Localización del Hospital Municipal de Urgencias en vista satelital de la ciudad de Córdoba	22
Ilustración 3. Compresor Hermético	36
Ilustración 4. Compresor Semihermético.....	36
Ilustración 5. Compresor Abierto	37
Ilustración 6. Compresor de simple efecto (izquierda) y de doble efecto (derecha).....	38
Ilustración 7. Compresor de Péndulo Oscilante. Fuente: TAUSEM S.A.....	39
Ilustración 8. Componentes de un tanque de reserva	40
Ilustración 9. Instalación antes del sistema de tratamiento del aire comprimido (figura izquierda), instalación después del sistema de tratamiento del aire comprimido (figura derecha).....	42
Ilustración 10. Esquema básico de un post enfriador por agua.....	43
Ilustración 11. Postenfriador por aire	44
Ilustración 12. Ubicación del separador de aceite	45
Ilustración 13. Partes del separador de aceite	46
Ilustración 14. Esquema de funcionamiento de un absorbedor	48
Ilustración 15. Transformación que produce el catalizador	49
Ilustración 16. Electroválvula de alivio	50
Ilustración 17. Componentes del secador frigorífico	52
Ilustración 18. Esquema de funcionamiento de un secador por adsorción	53
Ilustración 19. Distintos tamaños de cilindros de gases medicinales	54
Ilustración 20. Partes que componen un cilindro de gas medicinal.....	55
Ilustración 21. Grifo para aire medicinal	56
Ilustración 22. Partes de un equipo Manifold	57
Ilustración 23. Regulador de Presión	58
Ilustración 24. Sistema de suministro por mezcladores de aire.....	59
Ilustración 25. Analizador paramagnético para Oxígeno. Fuente Bùhler Technologies.....	61
Ilustración 26. Panel de cabecera y columna de techo	66
Ilustración 27. Tabla 2 de la norma ISO 8573-1:2010	72
Ilustración 28. Curva de corriente/velocidad del arranque directo	74
Ilustración 29. Curva corriente-velocidad en el arranque estrella triángulo (Figura izquierda); Curva par-velocidad en el arranque estrella triángulo (Figura derecha).....	75
Ilustración 30. Diferencia entre los distintos arranques	76
Ilustración 31. Arranque de motores asíncronos: Esquema 1: Arranque directo; Esquema 2: Arranque estrella triángulo; Esquema 3: Arrancador suave.....	76
Ilustración 32. Estructura básica de un PLC	77
Ilustración 33. Frecuencias y rango audible.....	87
Ilustración 34. Elementos necesarios para generar un incendio y/o explosión	92
Ilustración 35. Clasificación del gas según el riesgo	93
Ilustración 36. Riesgos asociados a las sustancias peligrosas	94
Ilustración 37. Izquierda, Contacto directo con dos conductores activos; Derecha, Contacto con un conductor activo de una línea y masa o tierra	96
Ilustración 38. Falla en la aislación de un electrodoméstico	96
Ilustración 39. Efectos según tiempo de exposición	97
Ilustración 40. Servicios de planta baja involucrados al consumo de aire comprimido.....	100
Ilustración 41. Servicios de primer piso involucrados al consumo de aire comprimido.....	100
Ilustración 42. Ubicación en subsuelo de la sala de máquinas de Aire Comprimido.....	105

Ilustración 43. Disposición del interior de la sala. En amarillo la disposición de los compresores, tanque de reserva y secador frigorífico.....	106
Ilustración 44. Ventanas superiores de Sala de Máquinas que dan al estacionamiento exterior del hospital	106
Ilustración 45. Suciedad en la etiqueta del compresor y en las paredes próximas al compresor.....	107
Ilustración 46. Comunicación entre la sala de aire comprimido y la sala de vacío.....	107
Ilustración 47. Conexión del filtro de aire al compresor	108
Ilustración 48. Compresor en funcionamiento	109
Ilustración 49. tanque de reserva y válvula de drenaje manual	110
Ilustración 50. Secador frigorífico	110
Ilustración 51. Válvula de alivio	111
Ilustración 52. Presostato	111
Ilustración 53. Válvula de retención	112
Ilustración 54. Ubicación de los filtros dentro de la sala	113
Ilustración 55. Válvula de corte	114
Ilustración 56. Tablero de conmutación.....	115
Ilustración 57. Grupo electrógeno	115
Ilustración 58. Tablero principal. En rojo se señala la llave termomagnética correspondiente a la sala de aire comprimido y de vacío.	116
Ilustración 59. Tablero Seccional de Sala de Aire Comprimido	117
Ilustración 60. Componentes en funcionamiento del tablero seccional	118
Ilustración 61. Circuito para conmutación automática de compresores.....	119
Ilustración 62. Señalización errónea de las cañerías de la red de distribución.....	121
Ilustración 63. Cilindros de aire medicinal en quirófano	123
Ilustración 64. Compresor en funcionamiento sin resguardo fijo y compresor fuera de funcionamiento con resguardo fijo	124
Ilustración 65. Tapa frontal del tablero seccional.....	126
Ilustración 66. En rojo se indican los lugares en los cuales se realizó la medición de ruido.	127
Ilustración 67. Interconexión entre los distintos componentes de la sala	159
Ilustración 68. Panel de supervisión y alarma	186
Ilustración 69. Disposición final de los componentes en la sala	188
Ilustración 70. Diagrama para cálculo de sección circular	215
Ilustración 71. Diagrama de conducto circular equivalente a uno rectangular.....	216

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes del aire atmosférico.....	27
Tabla 2. Identificación de los cilindros de gases medicinales. Fuente: Norma IRAM 2588	56
Tabla 3. Señales a indicar según tipo de alarma	69
Tabla 4. Requisitos para señales visuales y sonoras. Fuente: Norma IRAM-ISO 7396-1	70
Tabla 5. Densidad de los distintos gases (NTP:Densidad de gases en condiciones normales de temperatura 25°C y presión 101.325 kPa; STP:Densidad de gas en condiciones estándar de temperatura 0° y presión 101325 kPa)	85
Tabla 6. Valores límite para el ruido utilizando un sonómetro con filtro de ponderación frecuencial A y respuesta lenta	90
Tabla 7. Valores límite para el ruido (No ha de haber exposiciones a ruido continuo, intermitente o de impacto por encima de un nivel de pico C ponderado de 140 dB).....	90
Tabla 8. Tipos de protecciones	98
Tabla 9. Equipos involucrados en cada servicio y cantidad de los mismos	102
Tabla 10. Cantidad de puestos de consumo por servicio.....	122
Tabla 11. Eficiencia de los matafuegos según el tipo de fuego	125
Tabla 12. Medición en el interior de la sala de aire comprimido medicinal	128
Tabla 13. Medición en el exterior de la sala de aire comprimido medicinal	129
Tabla 14. Valores de consumo por puesto. SIMI Bioingeniería, Instalaciones y equipos de gases medicinales, UNER	131
Tabla 15. Valores de consumo por puesto. Linde Gas Therapeutics.....	132
Tabla 16. Consumo estipulado de aire comprimido en el Hospital Municipal de Urgencias	134
Tabla 17. Consumo adaptado a los nuevos criterios	135
Tabla 18. Porcentajes para calcular el caudal compensado	137
Tabla 19. Diámetros comerciales, según norma ASTM B88.....	137
Tabla 20. Dimensionamiento cañería Sector A.....	138
Tabla 21. Dimensionamiento cañería Sector C.....	139
Tabla 22. Dimensionamiento cañería Quirófano, UTI y Diagnóstico por Imagen	140
Tabla 23. Dimensionamiento cañería de Emergencias (Shock Room y Guardia)	140
Tabla 24. Dimensionamiento cañería de salida de Sala de Máquinas y subida a los distintos pisos	141
Tabla 25. Relevamiento de presiones en puestos de consumo.....	141
Tabla 26. Presiones para el dimensionamiento correcto de la red. Fuente: KAESER S.A.....	142
Tabla 27. Listado de elementos disponibles y elementos necesarios considerando como fuente de suministro dos unidades compresoras y una batería de cilindros.....	144
Tabla 28. Listado de elementos disponibles y elementos necesarios considerando como fuente de suministro tres unidades compresoras.....	145
Tabla 29. Listado de elementos disponibles y elementos necesarios considerando como fuente de suministro dos unidades mezcladoras y una batería de cilindros.	146
Tabla 30. Presión de servicio distinta a la entrada del secador P. Secadores KAESER modelos TA-TF	152
Tabla 31. Temperatura de entrada de aire comprimido Te. Secadores KAESER modelos TA-TF ...	152
Tabla 32. Temperatura ambiente Ta. Secadores KAESER modelos TA-TF	152
Tabla 33. Flujo volumétrico a 7 bar de sobrepresión de servicio	153
Tabla 34. Factores de corrección. Filtros KAESER S.A.....	155

Tabla 35. Características y precios de los componentes posibles de la sala de máquinas.....	165
Tabla 36. Características y precio de los componentes eléctricos.....	165
Tabla 37. Especificaciones técnicas de los componentes de la sala	166
Tabla 38. Costo parcial del proyecto	190
Tabla 39. Medición realizada en el interior de la sala con modo A respuesta “slow” (C/CV: con compresor de vacío en funcionamiento; S/CV: sin compresor de vacío en funcionamiento)	207
Tabla 40. Medición realizada en el exterior de la sala con modo A respuesta “slow” (C/CV: con compresor de vacío en funcionamiento; S/CV: sin compresor de vacío en funcionamiento)	207
Tabla 41. Medición realizada en el exterior de la sala con modo C respuesta “fast” (C/CV: con compresor de vacío en funcionamiento; S/CV: sin compresor de vacío en funcionamiento)	208
Tabla 42. Velocidades de aire, aconsejables y máximas, en conductos y acondicionador	213

INTRODUCCIÓN

Todo establecimiento dedicado a la salud tiene la misión de prevenir, diagnosticar y tratar enfermedades para dar solución a nivel médico de los problemas sociales. Para poder llevar a cabo esto, el establecimiento no solo debe contar con recurso humano especializado (médicos, enfermeros, kinesiólogos, bioquímicos, técnicos en diagnóstico por imagen, contadores, abogados, ingenieros, administrativos, etc.) sino que cada servicio debe estar provisto del equipamiento adecuado y de instalaciones de gas natural, sanitarias, eléctricas, climatización o gases medicinales según corresponda. El correcto funcionamiento de cada uno de estos factores mencionados llevará a la correcta asistencia de cada uno de los pacientes, dado que si alguno de estos elementos falla, como ser falta de personal o falta de gases medicinales, la atención no se puede realizar o se ve interrumpida.

En cuanto a los gases medicinales, los mismos cumplen un rol importante dentro de todo establecimiento de salud. Si bien al principio se utilizaban únicamente para terapias respiratorias o como agentes portadores de otros medicamentos, con el avance de la tecnología su utilización abarca otras ramas de la medicina como la crioterapia, cirugía laparoscópica, cirugía oftálmica, contraste para realizar un diagnóstico por imagen, entre otras.

Este proyecto integrador se realiza bajo el contexto de la sala de máquinas provista para la generación de aire comprimido in-situ del Hospital Municipal de Urgencias de la Ciudad de Córdoba. Este gas medicinal tiene un papel importante en terapia respiratoria y como agente “carrier” de gases anestésicos dado que se utiliza en respiradores y mesa de anestesia. En ambos casos el estado del paciente puede llegar a ser crítico, siendo indispensable el suministro de este gas medicinal.

En cuanto a la sala, no existe documentación que indique la normativa utilizada para la realización de la misma, pero en caso de existiera, por el tiempo transcurrido estaría fuera de la normativa actual. Otra faltante en la sala de máquinas es la existencia de un protocolo de mantenimiento preventivo para evitar cualquier tipo de falla que conlleve a la falta de suministro de este gas medicinal.

Por lo mencionado, este trabajo tiene como objetivo realizar un relevamiento de la sala y de la red de distribución asociada a ella, el estado de los componentes que la integran y todo aquello que tenga influencia en el suministro de este gas medicinal para luego ser comparado con las recomendaciones, sobre todo, de la norma IRAM-ISO 7396-1: “Sistemas de redes de gases medicinales. Sistemas de redes para gases medicinales comprimidos y vacío”. Esta norma establece

los requisitos que deben cumplir los sistemas de redes de gases medicinales comprimidos y tiene como objetivo asegurar la no intercambiabilidad entre diferentes sistemas de redes a través del diseño, el suministro continuo de los mismos, la utilización de materiales adecuados, la limpieza de los componentes, la instalación correcta, la provisión de sistemas de control y alarmas, el marcado correcto de los sistemas de redes, los ensayos, la puesta en servicio y la certificación, la pureza de los gases provistos a través de sistema de redes, y por último, la gestión operacional correcta.

Una de las recomendaciones más destacada, y motivo principal por el cual se realiza este proyecto, es que la sala debe contar con tres fuentes de suministro de aire comprimido medicinal y en la actualidad el hospital cuenta únicamente con dos fuentes, por ello es motivo de análisis y evaluación la misma.

Si bien el proyecto se basa en la norma nacional, hay algunos elementos que no son contemplados por la misma, con lo cual se consideran las recomendaciones de la norma internacional NFPA 99: *“Standard for Health Care Facilities”*.

En base a ello se determinará las acciones que deberán ser llevadas a cabo para incorporar las recomendaciones de cada una de las normas en el reacondicionamiento de la sala y con ello mejorar el suministro de este gas medicinal, teniendo en cuenta el costo para conseguir el mismo.

OBJETIVOS

Objetivos generales

Este proyecto integrador tiene la finalidad de establecer, acorde al Hospital Municipal de Urgencias, el diseño de una planta generadora de aire comprimido medicinal que garantice calidad y continuidad en el suministro de este gas medicinal.

Objetivos particulares

- Analizar los equipos, componentes y accesorios necesarios para la instalación de una sala de máquinas destinada a la generación de aire comprimido medicinal;
- Analizar las instalaciones y servicios necesarios para el correcto funcionamiento de la sala;
- Relevamiento del estado de la red de distribución existente;
- Relevamiento de los servicios que hacen uso de este gas medicinal. Disposición de los mismos dentro del hospital y equipos involucrados;
- Análisis del estado, ubicación y funcionalidad del equipamiento de la sala;
- Cálculo y dimensionamiento de la red de distribución apropiada y necesaria para el hospital, comparación con la red existente, y posibilidades de readecuación en caso de ser necesario;
- Conocer las normativas vigentes en nuestro país y comparar los requerimientos de las mismas con lo existente en el hospital;
- Enlistar los componentes necesarios para el reacondicionamiento de la sala según lo evaluado anteriormente;
- Realizar análisis de riesgo presente en la sala;
- Planificar etapas de implementación para modificación de sala, teniendo en cuenta la no interrupción del suministro del gas medicinal;
- Diseño de sala de máquina de aire comprimido medicinal;
- Planificar mantenimiento preventivo;
- Evaluar el costo necesario para llevar a cabo la propuesta seleccionada.

CAPÍTULO I: HOSPITAL MUNICIPAL DE URGENCIAS

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El Hospital de Urgencias es un establecimiento para la salud de gestión pública a cargo de la Municipalidad de la Ciudad de Córdoba, inaugurado en el año 1982, que se encuentra en la provincia de Córdoba, región centro de Argentina. El mismo está ubicado en barrio centro en la zona del abasto circunscripto entre las calles Salta, Bv Guzmán, Catamarca y pasaje Pablo Alemán teniendo domicilio legal e ingreso de ambulancias en estos dos últimos (Ilustración 1 e Ilustración 2). Si bien la capital cuenta con 97 centros de salud públicos, entre hospitales o dispensarios, el Hospital de Urgencias es el único que se encarga exclusivamente de casos de emergencias. Esto es un indicativo del importante rol que cumple este establecimiento para la salud en la zona.

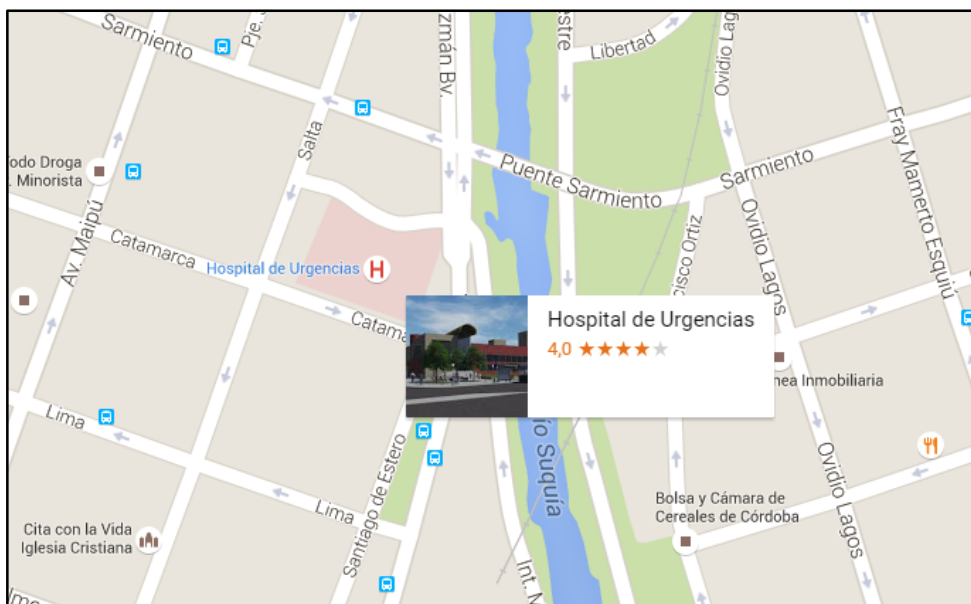


ILUSTRACIÓN 1. LOCALIZACIÓN DEL HOSPITAL MUNICIPAL DE URGENCIAS EN UN MAPA POLÍTICO DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA.

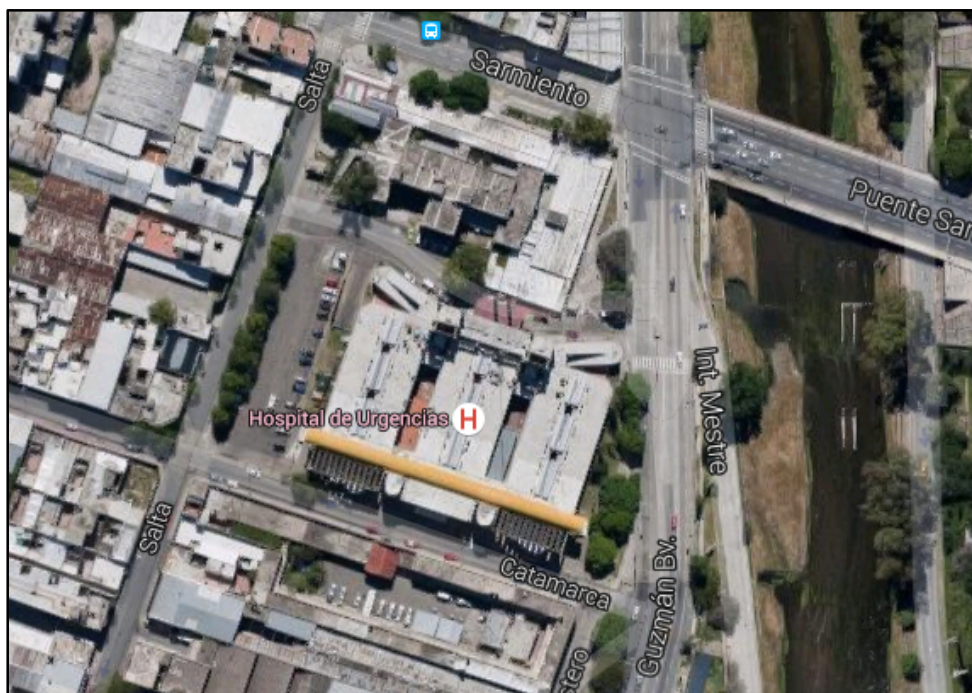


ILUSTRACIÓN 2. LOCALIZACIÓN DEL HOSPITAL MUNICIPAL DE URGENCIAS EN VISTA SATELITAL DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA

Este establecimiento para la salud se dedica a la atención de personas que sufrieron accidentes de tránsito, callejeros o deportivos, heridas de arma de fuego o arma blanca, violencia callejera o del hogar, intoxicaciones, entre otros. Para llevar a cabo los primeros auxilios, el cuidado y la recuperación de estos pacientes el hospital cuenta con shock room, terapia intensiva, guardia, internación, quirófano, diagnóstico por imágenes, consultorios externos, y otros servicios complementarios a éstos para el correcto funcionamiento de los mismos. Se presenta un diagrama funcional entre las distintas áreas y la relación de las mismas (ver Anexo 1).

Además de la atención de los pacientes el hospital cumple el rol de Hospital Escuela de Emergentología, en el cual se dictan cursos para tal fin.

Para llevar a cabo las distintas tareas dentro del hospital el mismo cuenta con 600 empleados aproximadamente, entre ellos: médicos, enfermeros, kinesiólogos, técnicos radiólogos, bioquímicos, farmacéuticos, contadores, abogados, ingenieros biomédicos, ingenieros mecánico electricista, técnicos, personal de limpieza, de cocina, de lavandería, técnicos en esterilización, camilleros, entre otros. En cuanto a la disponibilidad física para la atención de los pacientes, el hospital cuenta con 71 camas.

Dependiendo del estado en el que ingresan los pacientes se pueden derivar a shock room, guardia o quirófano. Según datos aproximados, en el año 2003 se recibieron alrededor de 1500 pacientes, frente a los 17000 casos que se asistieron en el año 2014. A su vez en 2003 sólo se atendió a 60 pacientes en shock room, frente a los 400 pacientes que se recibieron en este servicio en 2014. Estos datos son representativos del flujo de pacientes que tiene el hospital, ya que shock room es el principal medio de ingreso al mismo.

A nivel edilicio el hospital cuenta con una superficie de 12800 m² aproximadamente dispuestos en tres pisos: subsuelo, planta baja y primer piso. En subsuelo se encuentra farmacia, cocina, limpieza, mantenimiento general, mantenimiento biomédico, morgue, comedor, nutrición, informática, sala de esterilización, estadística/archivos, lavadero, playa de estacionamiento, sala de máquina de aire comprimido y sala de máquina de vacío; en planta baja, por tener un acceso directo desde el exterior, se encuentra el área de emergencia, consultorios externos, terapia intensiva, shock room, quirófano, diagnóstico por imagen y un sector administrativo; por último, en primer piso se encuentra sector A y sector C que son sectores de internación, y sector B que es un sector de oficinas. Para llegar a cada una de las plantas el hospital cuenta con ascensores, escaleras y rampas.

2. INSTALACIONES

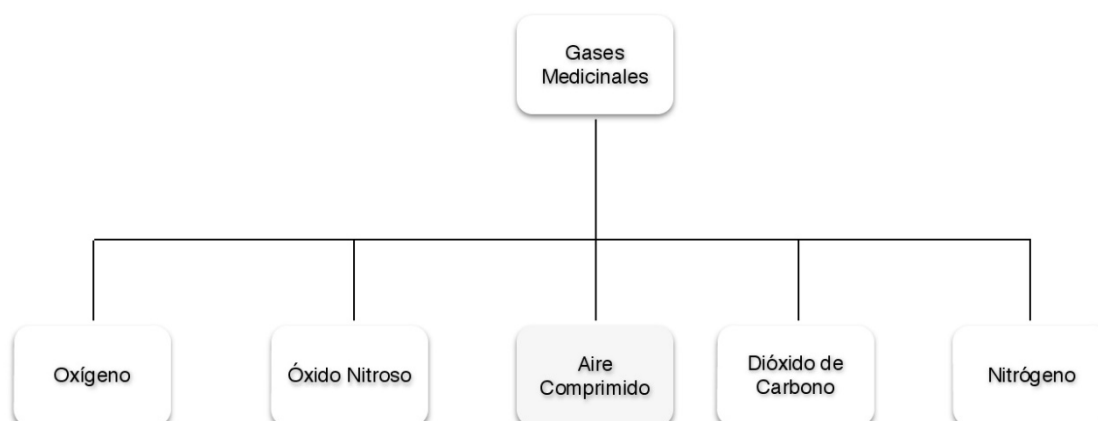
En referencia a instalaciones, existen del tipo eléctricas, sanitarias, de agua corriente, gas natural, de climatización y de gases médicos, entre ellos: oxígeno, vacío y aire comprimido medicinal. En cuanto a estos, la generación de los mismos puede ser dentro del hospital y a cargo del mismo, o tercerizada. Para el caso de aire comprimido y vacío se cuenta con dos salas destinadas a tal fin, en cambio la provisión de oxígeno fue tercerizada.

La sala de máquinas de aire comprimido existente en el hospital fue construida hace más de 20 años y no existe documentación que indique bajo que normativa se realizó. Este gas medicinal se utiliza en áreas como terapia intensiva, shock room y quirófano, y debido al destino y la utilidad del mismo es necesario que cumpla con ciertos requisitos para garantizar la calidad del aire como así también el suministro continuo del mismo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

1. GASES MEDICINALES

Todos los establecimientos para la salud de acuerdo a su nivel de complejidad requieren además de las instalaciones de un edificio normal de vivienda, instalaciones específicas. Una de ellas son las instalaciones de gases medicinales que comprende la provisión y distribución de oxígeno, óxido nitroso, aire comprimido, nitrógeno y dióxido de carbono. Si bien al vacío no se lo considera como un gas medicinal propiamente dicho, se lo menciona dado que su generación y distribución transcurre paralela al resto.



La resolución 1130/2000 de Gases Medicinales y la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) definen a los mismos como “Todo producto constituido por uno o más componentes gaseosos destinado a entrar en contacto directo con el organismo humano, de concentración y tenor de impurezas conocido y acotado de acuerdo a especificaciones. Los gases medicinales, actuando principalmente por medios farmacológicos, inmunológicos, o metabólicos, presentan propiedades de prevenir, diagnosticar, tratar, aliviar o curar enfermedades o dolencias. Se consideran gases medicinales los utilizados en terapia de inhalación, anestesia, diagnóstico "in vivo" o para conservar o transportar órganos, tejidos y células destinados a la práctica médica”.

La norma IRAM-ISO 7396-1 define un gas medicinal como “Todo gas o mezcla de gases destinado a ser administrado a pacientes con fines anestésicos, terapéuticos, diagnóstico o profilácticos”.

Todo lo expuesto a lo largo del trabajo será en referencia a la instalación de aire comprimido medicinal.

1.1 GAS

Las sustancias pueden encontrarse en tres estados: sólido, líquido o gaseoso, dependiendo de las condiciones de presión y temperatura a las cuales están sometidos.

Se denomina gas a todo elemento que existe habitualmente en ese estado (gaseoso) en condiciones normales de presión y temperatura (25°C y 1 atm). La particularidad de este es que no tiene forma ni volumen propio, y se debe a que está compuesto por moléculas no unidas, expandidas y con poca fuerza de atracción entre sí. El gas se expande en el recipiente que lo contiene y ocupa todo el volumen del mismo.

1.1.1 GAS COMPRIMIDO

Se denomina gas comprimido a aquellos que tienen una temperatura crítica que es menor o igual a -10°C, es decir que por encima de esta temperatura no es posible condensar el gas aumentando la presión, permaneciendo así en estado gaseoso. Algunos de ellos son: oxígeno, nitrógeno, argón, helio e hidrógeno.

2. AIRE ATMOSFÉRICO

El aire es un gas incoloro, insípido e inodoro, constituido por una mezcla de gases en distintas proporciones que permanece constante hasta los 20 km de altura aproximadamente. En la Tabla 1 se presentan los componentes más abundantes y las proporciones de cada una de ellas considerando al aire como *aire seco* dado que no se agrega el porcentaje de vapor de agua (agua en estado gaseoso) ya que el mismo es un factor depende de las condiciones ambientales.

Componente	Porcentaje en volumen
Nitrógeno	78,09
Oxígeno	20,95
Argón	0,93
Dióxido de Carbono	0,03
Hidrógeno	0,00005

TABLA 1. COMPONENTES DEL AIRE ATMOSFÉRICO

3. AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL

Según la norma IRAM-ISO 7396-1 el aire medicinal es “la mezcla de gases naturales o sintéticos, compuestos principalmente por oxígeno y nitrógeno en proporciones especificadas, con límites definidos para la concentración de contaminantes, suministrado por un sistema de redes de gases medicinales y destinado a la administración de pacientes”.

La Farmacopea Europea describe al aire medicinal como un producto usado en terapias de ventilación e inhalación, además de utilizarse como gas “carrier” de agentes anestésicos inhalatorios.

4. APLICACIONES DEL AIRE MEDICINAL

Los gases medicinales son soporte de vida en muchos pacientes. El aire medicinal dentro de un establecimiento para la salud juega un papel esencial en terapias de ventilación e inhalación, como así también su función de “carrier” de gases anestésicos inhalatorios. La terapia respiratoria es el conjunto de maniobras y procedimientos para fortalecer y mejorar la función pulmonar cuando el paciente, ya sea neonatal, pediátrico o adulto, presenta una enfermedad respiratoria. En este tipo de terapias se llevan a cabo técnicas como la aerosolterapia en la cual se aplican medicamentos en forma de aerosol mediante la utilización de nebulizadores (en los nebulizadores se coloca la dosis del medicamento líquido que luego es convertido en aerosol por un flujo de oxígeno o de aire comprimido para ser inhalado por el paciente mientras respira desde una mascarilla o boquilla conectada al nebulizador), humidificación de las vías aéreas, ventilación mecánica para aquellos pacientes con

insuficiencia respiratoria aguda mediante el uso de ventiladores mecánicos, ventilación no invasiva para aquellos pacientes con apnea del sueño o falla respiratoria crónica. Otra función del aire, mediante la utilización de *narinas* y *de flujómetros*, es la administración de aire medicinal a aquellos pacientes con inmunidad reducida.

En el caso de las mesas de anestesia, además de utilizar el aire medicinal como portador de sustancias anestésicas por inhalación se lo utiliza como fluido neumático, dado que comprime el fuelle que contiene en su interior la mezcla gaseosa entre el aire medicinal y los gases anestésicos, lo cual genera una presión positiva para poder insuflar la mezcla en las vías aéreas del paciente.

5. LEGISLACIÓN VIGENTE

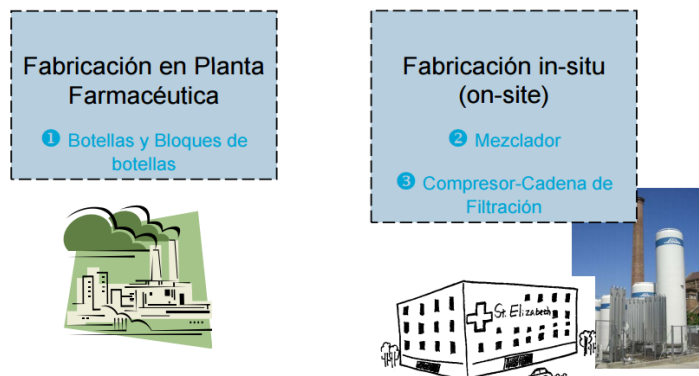
Los gases medicinales se encuentran regulados o existe normativa de los mismos desde varios puntos de vista, abarcando los equipos que hacen uso de los mismos hasta su fabricación y comercialización. En Argentina las leyes, decretos, resoluciones y normas que se encuentran vigente son las siguientes:

- Ley Nacional de Medicamentos (Ley 16463), Ministerio de Asistencia Social y Salud pública, la cual establece que “Quedan sometidos a la presente ley y a los reglamentos que en su consecuencia se dicten, la importación, exportación, producción, elaboración, fraccionamiento, comercialización o depósito en jurisdicción nacional o con destino al comercio interprovincial de las drogas, productos químicos, reactivos, formas farmacéuticas, medicamentos, elementos de diagnóstico y todo producto de uso y aplicación en la medicina humana y en las personas de existencia visible o ideal que intervengan en dichas actividades”
- Resolución 1130/2000 “Reglamento para la fabricación, importación, comercialización y registro de gases medicinales” del Ministerio de Salud, que presenta entre otras cosas un apartado de “Buenas Prácticas de Fabricación y Control de Gases Medicinales”
- International Electrotechnical Commission IEC 601 o la correspondiente IRAM 4220-1: “Requisitos generales de seguridad”. Las normas colaterales de la misma se aplican a los equipos que hacen uso de aire comprimido medicinal, como ser:

- 4220-1-12: Aparatos electromédicos. Parte 2: Requisitos particulares para la seguridad de ventiladores pulmonares para uso médico.
- 4220-1-13: Aparatos electromédicos. Parte 2-13: Requisitos particulares para la seguridad y el desempaño esencial de los sistemas de anestesia.
- Asociación Electrotécnica Argentina AEA 90364: “Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles”, Parte 7: “Reglas particulares para la instalación en Lugares y Locales especiales”, Sección 710: “Locales para usos médicos y salas externas a los mismos”.
- Norma IRAM-ISO 7396: “Sistema de redes de gases medicinales”, Parte 1: “Sistema de redes para gases medicinales comprimidos y vacío”.
- Norma IRAM – FAAAAR AB 37224: “Anestesiología. Unidades terminales para usar en sistemas de cañerías de gases medicinales”.
- IRAM 2568: “Tubos de cobre sin costura, para usos generales de ingeniería”
- IRAM 2588: “Cilindros para gases medicinales. Colores de seguridad para la identificación de su contenido”.

6. GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

La obtención de aire comprimido puede clasificarse según el lugar donde es fabricado: si es en el mismo centro de salud en el cual se va a utilizar, o si es proporcionado por una empresa farmacéutica proveedora. A su vez, se puede subdividir la fabricación in-situ, que está dada por la forma en la que se obtiene el aire, que puede ser a través de un equipo mezclador o un equipo compresor acompañado de un sistema de tratamiento.



El mezclador es aquel que produce aire medicinal sintético, y se considera como tal aquel generado a partir de una mezcla de oxígeno y nitrógeno en la misma proporción en la cual se encuentran en la atmósfera con un rango de variación acotado.

El compresor y la cadena de filtración utilizan para la fabricación de este gas medicinal aire tomado del ambiente.

7. IRAM-ISO 7396-1: Sistemas de redes de Gases Medicinales. Sistemas de redes para gases medicinales comprimidos y vacío.

La realización de este proyecto se basa en la norma IRAM-ISO 7396-1: *Sistemas de redes de gases medicinales. Sistemas de redes para gases medicinales comprimidos y vacío*, la cual establece los requisitos que deben cumplir los sistemas de redes de gases medicinales para asegurar la correcta instalación del mismo y los materiales que se pueden utilizar en ella, la no intercambiabilidad entre los distintos gases del sistema, el continuo suministro desde la sala hasta los puntos de consumo, el marcado correcto de la instalación para discernir a qué gas medicinal se corresponde y los sistemas de alarma y control con la que debe contar toda instalación de gas medicinal.

Para el caso de aire comprimido medicinal, establece las fuentes de suministros que hacen posible la generación del mismo como así también los componentes que deben acompañar a cada una de ellas para que la instalación sea segura y para que el aire comprimido generado cumpla con los estándares de pureza necesarios para entrar en contacto con el organismo del paciente.

A continuación se presentan las recomendaciones por parte de esta norma.

7.1 SISTEMAS DE SUMINISTRO

El *sistema de suministro* es el conjunto encargado de proveer aire comprimido al sistema de redes de distribución, por ello es que en él se incluyen todas las fuentes de suministro. Toda sala de aire comprimido debe contar con tres fuentes independientes para garantizar la continuidad en el suministro de este gas medicinal tanto en condiciones normales, por ejemplo durante un mantenimiento de la sala, como en condiciones de primera falla, como ser falta de energía eléctrica principal o falla en el sistema de control (como ser reguladores de presión, válvulas de alivio de presión, alarmas, sensores, válvulas manuales o automáticas y válvulas antiretorno).

Las fuentes utilizadas dentro de la sala no necesariamente tienen que ser iguales, sino que pueden ser una combinación de las siguientes:

- gas en cilindro o baterías de cilindros;
- un sistema de compresor de aire;
- un sistema mezclador.

Dentro de la instalación pueden tomar el siguiente rol: fuente de suministro primario, fuente de suministro secundario y fuente de suministro de reserva. Las mismas deben estar permanentemente conectadas al sistema de distribución pero cada una de ellas participa en el siguiente orden: la fuente de suministro primario es la fuente principal de abastecimiento y en caso de falla automáticamente debe abastecer la fuente de suministro secundario. Por último, la fuente de suministro de reserva (que puede ponerse en marcha de manera automática o manual) se utiliza en aquellos casos en que las fuentes anteriores no puedan realizar el abastecimiento por alguna falla o por mantenimiento.

Dependiendo la combinación realizada se pueden originar tres sistemas distintos: sistema de suministro con compresores de aire, sistema de suministro con cilindros o baterías de cilindros o sistemas de suministro con unidades mezcladoras.

En el caso de tener que realizar el accionamiento de herramientas quirúrgicas por medio de aire comprimido, se pueden utilizar las mismas fuentes de suministro que para aire medicinal, pero a diferencia de este último, es suficiente contar con dos unidades de suministro.

7.1.1 SISTEMA DE SUMINISTRO CON COMPRESORES DE AIRE

El sistema de suministro con compresores clasifica sus componentes según las funciones de los mismos dentro de la sala, y los agrupa en unidad compresora y unidad acondicionadora. La unidad compresora es el conjunto de: un filtro de aire, uno o más compresores, un postenfriador con válvula de corte y drenaje automático, un separador de aceite con válvula de corte y drenaje automático, mientras que la unidad acondicionadora es el conjunto de: un secador con válvulas de corte y drenaje automático, un absorbedor, un catalizador y filtro(s) según se requiera eliminar contaminantes y un sensor de punto de rocío equipado con una alarma y pantalla conectado al sistema de cañería más abajo de todas las unidades acondicionadoras.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el apartado de “*Fuentes de suministros*”, un sistema de suministro con compresores para aire medicinal se puede constituir de:

- I. Una unidad compresora con un colector, una unidad acondicionadora y dos baterías de cilindros o bancos de cilindros;
- II. Dos unidades compresoras con dos colectores, dos unidades acondicionadoras y una batería de cilindros o banco de cilindros;
- III. Tres unidades compresoras con dos colectores y dos unidades de acondicionamiento.

Para el caso en que se proporcione un sistema de suministro independiente para el accionamiento de herramientas quirúrgicas, éste debe comprender como mínimo dos fuentes de suministro, al menos una de las cuales debe ser una unidad compresora.

Un sistema de suministro con compresores de aire para accionamiento de herramientas quirúrgicas comprende normalmente al menos uno de los siguientes:

- I. Una unidad compresora con un colector, una unidad acondicionadora y una batería de cilindros o bloques de cilindros,
- II. Dos unidades compresoras con uno o más colectores dotados de un medio de derivación y dos unidades acondicionadoras.

7.1.1.1. Condiciones de la sala – Toma de aire

La norma sugiere que la toma de aire ambiente de los compresores este ubicada donde exista una contaminación mínima proveniente de: el escape de motores de combustión interna, estacionamiento de vehículos, zonas de acceso, residuos y sistemas de desechos hospitalarios, escape de sistemas de vacío, venteo de redes de gases medicinales, sistemas de extracción de gases anestésicos, descargas de sistema de ventilación, salidas de chimeneas y de cualquier tipo de fuentes de contaminación.

La entrada debe estar provista de un medio para impedir el ingreso de, por ejemplo, insectos, suciedad y agua en las tomas de entrada.

Se recomienda considerar los efectos potenciales de los vientos imperantes en las tomas de entrada que deberían estar alejadas de las salidas de chimenea.

7.1.2 SISTEMA DE SUMINISTRO CON CILINDROS O BATERÍA DE CILINDROS

Un *sistema de suministro con cilindros o baterías de cilindros*, como se mencionó en el apartado de “Fuentes de suministro”, debe contar con una fuente primaria, secundaria y de reserva. Este sistema debe ser capaz de suministrar el caudal requerido por el establecimiento de salud con cualquiera de las dos fuentes de suministro fuera de servicio.

Para poder abastecer la red a través de los cilindros o baterías de cilindros se cuenta con un dispositivo denominado manifold, el cual conecta las salidas de uno o más cilindros o baterías de cilindros de un mismo gas al sistema de redes. La conexión entre ambos debe cumplir con la norma ISO 21969: “*Conexiones flexibles de alta presión para utilización con sistemas de gases medicinales*”.

A su vez la instalación debe contar con: regulador de presión para cada manifold existente, válvula antiretorno entre el último cilindro y el manifold, y por último, un filtro con poros menores o iguales a 100 μm entre el cilindro y el primer regulador de presión.

Cuando se agota el banco de cilindros, el mismo se debe poder cambiar de manera automática o manual.

La instalación de este sistema debe ser tal para prevenir la caída de los mismos dentro de la sala, evitando así cualquier tipo de accidente y procurando el correcto almacenamiento de los mismos.

7.1.3 SISTEMA DE SUMINISTRO CON UNIDAD MEZCLADORA

Otra fuente de suministro contemplada dentro de la normativa es aquella que está compuesta por un sistema mezclador de aire para la generación de aire sintético. La norma define a los *mezcladores* como un dispositivo en el que se mezclan los gases en una proporción especificada.

Para lograr esto se utilizan equipos que están provistos por tanques criogénicos de nitrógeno y oxígeno, los cuales cuentan con diversos sistemas de control que permiten lograr la proporción deseada que se va a suministrar a la red.

Un sistema de suministro con unidades mezcladoras debe comprender al menos tres fuentes de suministros y al menos una de ellas debe ser una unidad mezcladora. Esta última se compone de: mezclador con un analizador de control del proceso, válvula de corte automática controlada por la presión del gas de suministro junto con un regulador de presión y válvula antiretorno para cada uno de los gases de suministro, colector de aire medicinal equipado con una válvula de alivio de presión y

un manómetro, analizador de control de calidad conectado al colector recién mencionado y una válvula de corte automática instalada luego del colector.

Estas unidades deben ser tal que puedan proveer el caudal de diseño estando dos de ellas fuera de servicio, y pueden constituirse de:

- I. Fuentes de oxígeno y nitrógeno, una unidad mezcladora y dos bancos de cilindros o baterías de cilindros;
- II. Fuentes de oxígeno y nitrógeno, dos unidades mezcladoras y un banco de cilindros o una batería de cilindros.

Las fuentes de oxígeno y nitrógeno para los sistemas mezcladores deben estar conforme a lo establecido en la normativa. Esta establece los requisitos generales que se deben tener en cuenta, como ser: capacidad y almacenaje (su diseño debe estar basados en la utilización estimada y la frecuencia de entrega), formas en que pueden estar conformadas las fuentes de cada gas (primaria, secundaria y de reserva), las características para asegurar la continuidad del suministro (mantener el mismo sin interrupción, reducciones de riesgo de daño mecánico de las redes a un nivel aceptable, etc.), medios que se deben utilizar para alivio de presión (características de válvulas de alivio y ubicación de las mismas), provisión de conjuntos para el mantenimiento (que debe poseer, el diseño de este y donde debe estar ubicado) y por último características de los reguladores de presión. Además, permite que las fuentes de oxígeno y nitrógeno utilizadas en la unidad mezcladora, sean las mismas que suministran a las cañerías de gas medicinal de forma separada, siempre y cuando se provea un sistema para impedir la contaminación cruzada.

Para poder asegurar la calidad del aire generado se debe monitorear la concentración de oxígeno de la mezcla de forma continua mediante dos sistemas de análisis de oxígeno independientes. Al menos uno de estos sistemas debe estar instalado más abajo del colector.

Si la concentración de oxígeno de la mezcla o la presión suministrada al sistema de red de distribución está fuera de especificación, se debe activar una alarma y el sistema mezclador se debe aislar automáticamente cerrando la válvula de corte controlada instalada más abajo del colector. Para poder reconectar el sistema mezclador al sistema de cañería es necesario que la disposición del sistema asegura la intervención manual para corregir la composición.

Los sistemas mezcladores deben incluir en su diseño un medio para verificar la calibración del sistema por referencia a una o más mezclas de composición conocida. Adicionalmente se debe

proporcionar un punto de muestreo con una válvula de corte inmediatamente más arriba de la válvula de corte principal.

8. COMPONENTES DE LA SALA DE MÁQUINAS

Se procede a explicar el funcionamiento que cumple cada equipo o accesorio dentro de los distintos tipos de sistemas de suministro para la generación de aire comprimido medicinal.

8.1. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO CON COMPRESORES DE AIRE

Un sistema de suministro con compresores se compone de: compresor propiamente dicho, colector, filtros de aire, postenfriador, válvulas de corte, separador de aceite, secador, absorbedor, catalizador y sensor de punto de rocío.

8.1.1 COMPRESORES

Los compresores son equipos que toman un fluido compresible a una determinada presión y elevan la misma a un valor superior. Para el caso de nuestro trabajo, el gas utilizado es aire tomado del ambiente, que luego de pasar por un método de compresión cuenta con una presión mayor a la presión atmosférica. Si bien es el gas más utilizado, algunas industrias o algunas máquinas neumáticas utilizan otro tipo de gas.

8.1.1.1 Clasificación de los compresores

Existe una amplia gama de compresores, dado que es un equipo que abarca varias ramas de trabajo, tanto en instalaciones hospitalarias (equipos de odontología, de traumatología, centrales de esterilización, sala de máquinas de aire comprimido y vacío), equipos de minería, equipos para automóviles, equipos de refrigeración y equipos de generación de energía, entre otros.

Se pueden clasificar según su construcción o mecanismo de compresión:

A. Clasificación según su construcción: Dependiendo de la forma que adopta el motor y el sistema de compresión pueden ser:

- a. *Compresores herméticos:* Los elementos se encuentran alojados en una misma carcasa de chapa soldada. En caso de mantenimiento o reparación la misma no puede ser retirada. Este tipo de compresores se utilizan en pequeñas aplicaciones debido a la potencia que alcanzan.



ILUSTRACIÓN 3. COMPRESOR HERMÉTICO

- b. *Compresores semiherméticos:* Los elementos se encuentran alojados en una carcasa pero de fundición, pudiéndose desmontar en caso de mantenimiento o reparación. Este tipo de compresores alcanzan potencias mayores a los anteriores.



ILUSTRACIÓN 4. COMPRESOR SEMIHERMÉTICO

- c. *Compresores abiertos:* Los elementos se encuentran físicamente separados y acoplados mecánicamente mediante un sistema de transmisión. Este tipo de compresores puede alcanzar potencias superiores a los antes mencionados, pero puede ser utilizado también cuando se requieren potencias menores.



ILUSTRACIÓN 5. COMPRESOR ABIERTO

B. Clasificación según el mecanismo de compresión: Esta clasificación a su vez se divide en compresores dinámicos (no positivos) y de desplazamiento positivo. La diferencia de ellos radica en el volumen y presión que se alcance en cada caso: para compresores de desplazamiento positivo la presión se eleva de manera directa, reduciendo así el volumen del gas, teniendo como resultado final un gas a alta presión y bajo volumen; en cuanto a los compresores dinámicos se aumenta la velocidad del aire, obteniendo así gran volumen de gas a baja presión. En los compresores de desplazamiento positivo se toman pequeñas cantidades de aire para luego confinarlo y así aumentar la presión, en cambio en los compresores dinámicos el flujo de gas es continuo.

Estas clasificaciones a su vez se vuelven a subdividir: los compresores dinámicos en centrífugos o radiales, axiales o mixtos; y los compresores de desplazamiento positivo en reciprocantes, alternativos o de pistón (monofásicos o bifásicos) y rotatorios (lóbulos, tornillo, paletas o espiral).

Únicamente se procederá a explicar los compresores de desplazamiento positivo reciprocantes, monofásicos y bifásicos, ya que son estos últimos los que se utilizan en las instituciones de salud para la generación de aire comprimido. Si bien se pueden utilizar los compresores rotatorios de tornillo, los mismos no son los más adecuados dado que no son libres de aceite con lo cual se tiene que tener un riguroso control sobre los mismos.

- a. *Compresores reciprocantes, alternativos o de pistón:* Estos compresores están compuestos por uno o más pistones o émbolos con movimiento alternativo en el cual, en cada movimiento desplaza un volumen positivo. El gas a presión atmosférica ingresa por una válvula de admisión cuando el pistón desciende, es decir que es aspirado; luego se comprime cuando asciende el mismo y se descarga comprimido, por una válvula de descarga.

Existen de dos tipos: monofásicos (o de simple efecto) y bifásicos (o doble efecto). La diferencia radica en la cantidad de caras del pistón que se utilizan para comprimir el gas; en el primer caso se usa una sola cara del pistón con lo cual hay una sola cámara de compresión incrementándose la presión una sola vez, mientras que en el diseño de doble efecto hay cámaras de compresión en ambos lados del pistón, y con ello, se realiza la compresión del gas tanto en un sentido como en el otro, produciéndose la compresión en dos etapas de manera progresiva.

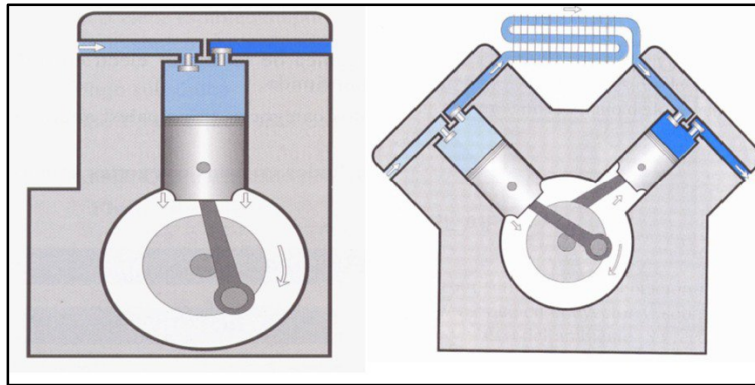


ILUSTRACIÓN 6. COMPRESOR DE SIMPLE EFECTO (IZQUIERDA) Y DE DOBLE EFECTO (DERECHA)

Existe otro tipo de compresores denominados compresores de pistón rotativo oscilante pendulares, que surge de la evolución de los compresores de pistón alternativo. Los mismos presentan mayor rendimiento y durabilidad, y tienen la ventaja que no utilizan medios de lubricación ya que los pistones no rozan ni friccionan las paredes de los cilindros, siendo este un punto importante en la generación de aire comprimido medicinal. Otra ventaja asociada a estos tipos de compresores es el bajo peso, volumen e inercia en el movimiento de los pistones, que generan un aumento en el número de revoluciones reduciendo así el tiempo y la fuerza motriz.

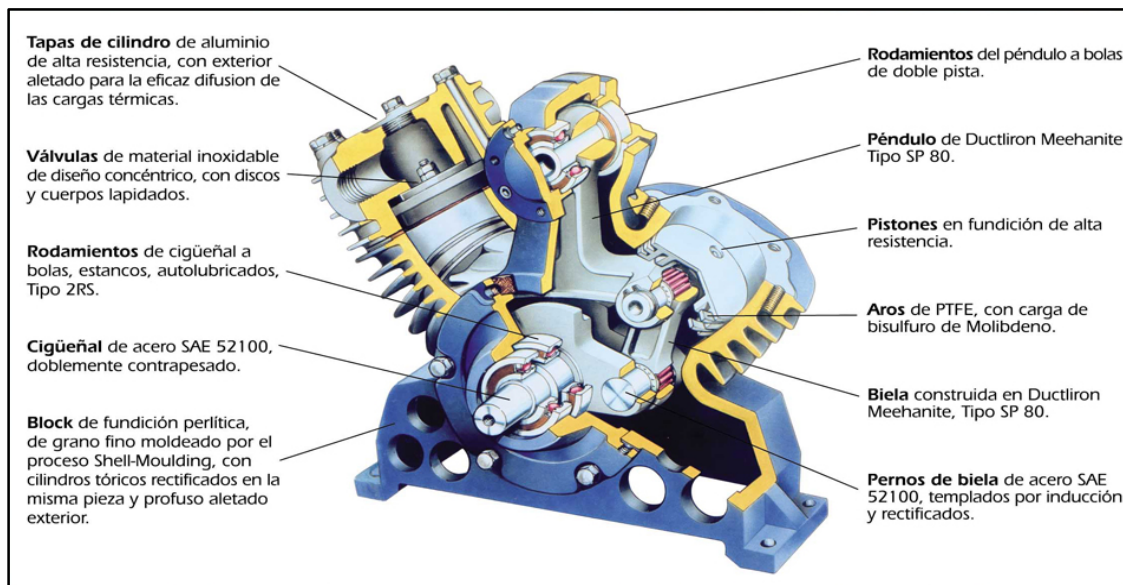


ILUSTRACIÓN 7. COMPRESOR DE PÉNDULO OSCILANTE. FUENTE: TAUSEM S.A

8.1.2 TANQUE DE RESERVA

Si bien no es un dispositivo contemplado por la norma nacional, existen salas de generación de aire comprimido medicinal que utilizan los mismos.

Estos equipos cumplen varias funciones dentro de la sala, entre ellas: equilibrar las pulsaciones de aire procedentes del compresor, es decir, mantiene una presión constante a pesar de cualquier variación de presión aguas abajo del mismo; actuar como reserva de aire comprimido para suplir el pico de demanda del hospital; ser una reserva de aire permite que los compresores no trabajen de forma continua; y por último, ayudar a eliminar parte del agua contenida dado que al enfriarse la misma precipita y puede ser removida por una válvula de drenaje.

Cada tanque de reserva debe contar con una válvula de seguridad, manómetro, grifo de purga o válvula de drenaje (automático o manual), racor de toma del sistema de regulación del compresor y presostato, y un agujero de limpieza.

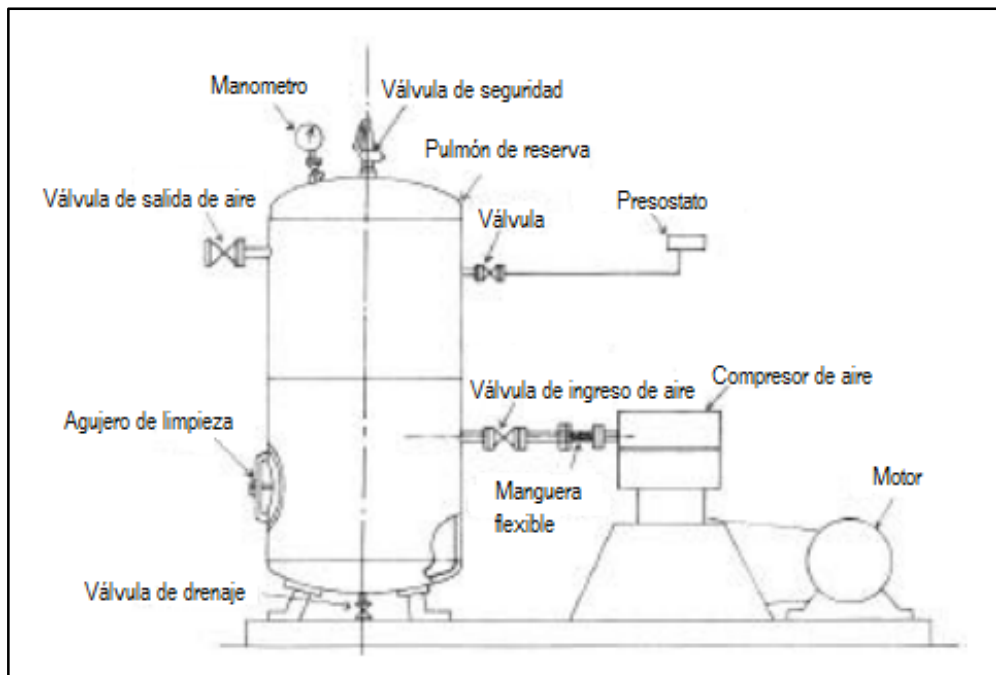


ILUSTRACIÓN 8. COMPONENTES DE UN TANQUE DE RESERVA

La *válvula de seguridad* debe ser colocada para prevenir sobrepresiones dentro del sistema debido a algún tipo de malfuncionamiento. Estas válvulas deben ser dimensionadas para que apenas se produzca el exceso de presión la misma descargue la presión que existe de más. Debe tener un mecanismo sencillo y una posición tal que al producirse la descarga de aire está no sea capaz de producir daño al personal que se encuentre trabajando en la sala. La misma no debe poder ser aislada del sistema por una válvula de corte.

Además, se debe contar con un sistema de *drenaje automático* localizado en el punto más bajo del tanque. Esto permite que cada un determinado intervalo de tiempo se produzca a través de esta válvula el drenado de cúmulos de agua, aceite u otros contaminantes que se encuentren dentro del recinto.

El *manómetro* debe ser seleccionado y colocado teniendo en cuenta las condiciones en las que normalmente opera el sistema (por ejemplo vibraciones, temperatura ambiente, cambios bruscos de presión, etc.). El mismo debe estar colocado de tal forma que permita una observación sencilla por parte del operador. Este dispositivo debe estar tener un rango en concordancia con el rango de trabajo normal del sistema.

La utilización de un *presostato* permite implementar un sistema de control automático. Así, con la instalación de este dispositivo se logra comandar el comienzo y fin de un ciclo de compresión midiendo los cambios de presión dentro del tanque.

La instalación del tanque a lo largo de la cadena de generación de aire comprimido medicinal puede darse en dos lugares: inmediatamente después de los compresores o bien luego del secador frigorífico. La ventaja de colocar el tanque luego del compresor es que a la salida de este último el aire comprimido presenta una temperatura elevada que dependerá del tipo de compresor utilizado (puede variar desde 80°C a 140°C) y el tanque permite que la temperatura disminuya hasta un valor aproximadamente igual a la temperatura ambiental ayudando así a tener una temperatura menor en la entrada del secador frigorífico. Además al disminuir la temperatura del aire se producen condensados que son separados de la línea por el tanque, teniendo como ventaja que es eliminado en este y no por el secador. De lo descrito anteriormente se deriva una desventaja que es que el tanque al contener condensado su estructura se va deteriorando con una tasa mayor que si este no presentara condensados. Esto no sucede si se coloca el secador frigorífico inmediatamente después de los compresores, lo que permite que el tanque almacene aire de mejor calidad (sin condensados), mejorando las condiciones del mismo y alargando su vida útil. Además, al trabajar con un tanque “seco” se puede inspeccionar la calidad del aire mediante la toma de una muestra del mismo de manera más sencilla. La desventaja de esta disposición es que el secador recibirá aire de peor calidad teniendo que eliminar mayor cantidad de condensado, pudiendo ser solucionado si se emplea un pre-filtro (por ejemplo, separador centrifugo). Otro problema es que el secador recibirá aire en régimen pulsado por las variaciones producidas en los ciclos de compresión (para el caso en que se emplean compresores de pistón).

En el caso de utilizar secadores por adsorción y no secadores frigoríficos, se recomienda colocar el tanque de reserva antes de estos equipos para eliminar la mayor cantidad de condensados en el mismo y atenuar las pulsaciones producidas por el compresor.

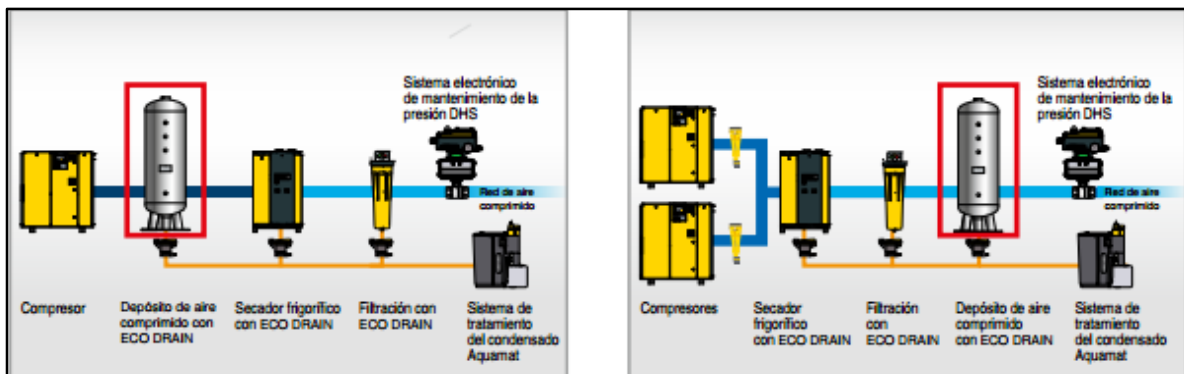


ILUSTRACIÓN 9. INSTALACIÓN ANTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AIRE COMPRIMIDO (FIGURA IZQUIERDA), INSTALACIÓN DESPUÉS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AIRE COMPRIMIDO (FIGURA DERECHA).

En cuanto a normativa, la norma IRAM- ISO 7396-1 no hace mención sobre los mismos. En la resolución 231/96 se especifica las características que debe cumplir todo equipo sometido a presión interna, pero el alcance de la misma es únicamente en instalaciones industriales, descartando así la posibilidad de extender los requisitos exigidos a la sala de aire comprimido medicinal en estudio.

A nivel internacional, una de las normas que regula la fabricación de estos tanques de almacenamiento bajo presión son las normas ASME (American Society of Mechanical Engineers) Sección VIII Div.1: Diseño construcción e inspección de tanques y recipientes de presión. Por falta de normativa y regulación en nuestro país se utiliza esta última norma.

8.1.3 POST-ENFRIADORES

Los *post enfriadores* son dispositivos que tienen la finalidad de disminuir la temperatura del aire luego de la compresión, ya que la temperatura que se alcanza luego de este proceso es elevada. Mientras se encuentra a esta temperatura, no existe la posibilidad de eliminar la condensación, el agua se presenta en forma de vapor de agua, debido a que se requiere una temperatura menor para generar la misma y que el aire quede 100% saturado. El aire comprimido a la salida de los compresores de tipo rotativo pueden alcanzar valores de temperatura de 70-80°C, y a lo largo del recorrido desde su generación hasta los puestos de consumo el mismo disminuye hasta temperaturas próximas a la temperatura ambiente, produciéndose la condensación del mismo y con ello la generación de gotas de agua. Por ello, para que en la red de distribución de aire comprimido no

aparezcan concentraciones de agua, el mismo debe ser enfriado o secado hasta un punto de rocío inferior a la temperatura ambiente del lugar en donde se utiliza.

Al modificar la temperatura del aire proveniente del compresor de manera brusca, se produce una condensación del mismo que luego debe ser drenada. Por esto último, se dice también que son dispositivos que disminuyen la cantidad de agua contenida en el aire.

Existen dos tipos de post enfriadores o refrigeradores según el agente refrigerante utilizado: agua o aire. Para el caso del agua, el diseño básico de este dispositivo consiste en un haz de tubos dentro de una coraza, de una sola pasada y con flujos en sentido contrario. En la mayoría de los casos el aire caliente proveniente de los compresores circula por el interior del haz de tubos mientras que el agua de enfriamiento circula a contracorriente del aire comprimido por el exterior del haz tubular separados únicamente por la pared de los mismos. Al final del haz de tubos debe haber un separador de humedad integrado al postenfriador con el objetivo de eliminar el agua y el aceite condensado durante la refrigeración.

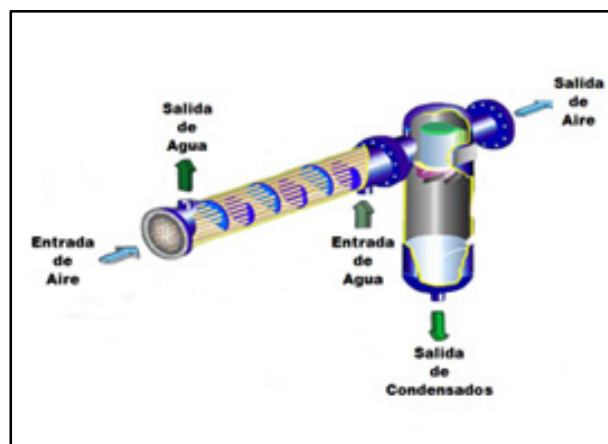


ILUSTRACIÓN 10. ESQUEMA BÁSICO DE UN POST ENFRIADOR POR AGUA

En el caso de utilizar como refrigerante el aire, el diseño consiste en serie de tubos de aletas por el cual viaja el aire comprimido, que es obligado a efectuar un largo recorrido a través del haz tubular para conseguir el intercambio térmico aire/aire. La refrigeración forzada del radiador se logra por medio de un electroventilador axial que realiza el soplado, consiguiendo así el barrido del aire caliente que despiden el intercambiador mediante la entrada de aire atmosférico.



ILUSTRACIÓN 11. POSTENFRIADOR POR AIRE

Sin importar el tipo de postenfriador, cualquiera de ellos se coloca inmediatamente después de los compresores para luego realizar de manera eficiente el secado mediante un secador. Con este último se completa la cadena de deshidratación del aire comprimido.

8.1.4 SEPARADOR DE ACEITE

El *separador de aceite* es un dispositivo que tienen la finalidad de, como su nombre lo indica, separar el aceite lubricante del aceite refrigerante antes de que entre a otros componentes del sistema y regresarlo al lugar que corresponde: el cárter del compresor. La utilización de este dispositivo tiene como ventaja mantener el nivel de aceite correcto y con ello aumentar la vida del compresor dado que se elimina el desgaste y daños ocasionados por la falta del mismo. Además, se pudo determinar con el paso del tiempo que los mismos tienen un efecto silenciador en las pulsaciones de gas de descarga del compresor.

El aceite es el lubricante utilizado en todas las partes móviles de un compresor, dado que si no se contará con el mismo el compresor no funcionará o la vida del mismo sería muy acotada. Además, por la elevada temperatura que alcanzan los mismos es necesario la utilización de refrigerantes. Estos dos coexisten de manera simultánea y si bien el aceite es necesario a la hora de lubricar cada uno de las partes móviles es un problema en el resto del sistema que debe considerarse. El aceite lubricante tiene efectos adversos sobre los dispositivos de evaporación, el condensador (postenfriador), filtros, intercambiadores de calor y el aceite refrigerante en circulación. La importancia de este último es que disminuye la eficiencia del equipo, requiriendo que el sistema trabaje por más tiempo para obtener el mismo resultando, implicando a su vez mayores costos. Hay

que recordar además, que los compresores no operan al 100% de eficiencia, pero evitando que el aceite circule en el sistema, su eficiencia es altamente optimizada.

El separador de aceite se coloca entre la línea de descarga del compresor y el condensador o postenfriador.

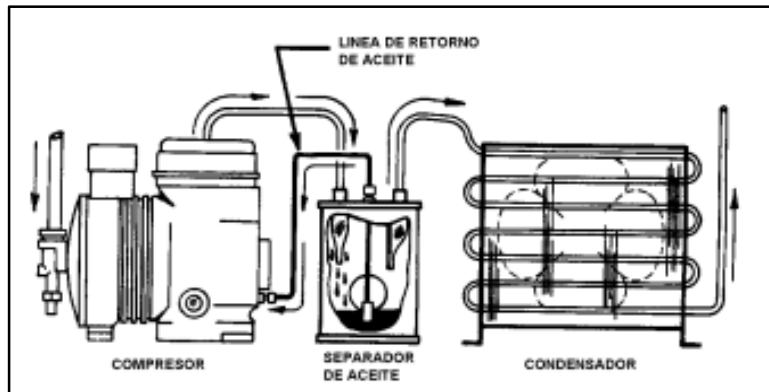


ILUSTRACIÓN 12. UBICACIÓN DEL SEPARADOR DE ACEITE

Dado que el aceite y el lubricante forman una mezcla y no un compuesto pueden separarse por medios físicos y no químicos como sucedería en un compuesto. Por ello el funcionamiento del separador de aceite se basa en tres factores: reducción de la velocidad del gas refrigerante, cambio de dirección del flujo del gas, superficie de choque a la cual se va a adherir el aceite. Primero, el aire comprimido proveniente del compresor y cargado de aceite entra al separador de aceite a gran velocidad. El aceite como el lubricante tienen la misma velocidad, pero el aceite se encuentra en estado gaseoso y el lubricante en estado líquido, con lo cual este último presenta mayor inercia. Al ingresar al separador se produce un aumento en el área de sección transversal por el cual fluye el mismo, con lo cual se disminuye la velocidad del gas. Simultáneamente con el cambio de velocidad, la mezcla pasa a través de una malla de choque a la entrada, donde se produce la primera separación entre el aceite y el refrigerante. Para retirar aquellas partículas más finas es necesario que choquen unas con otras para formar partículas más pesadas y esto se logra mediante el cambio de velocidad que se produce y por la diferencia de densidad entre el refrigerante y el aceite. Luego, el refrigerante fluye hacia abajo y hace un giro de 180° en "U" alrededor de la placa de choque, donde se separa aún más aceite debido a la fuerza centrífuga; ya que el gas refrigerante sobrecalentado puede cambiar de dirección más fácilmente, dejando abajo el aceite que es más pesado. Finalmente, el gas pasa a través de la malla de salida donde sufre una última depuración, antes de entrar a la

línea de descarga, para luego recuperar su velocidad original debido a la reducción del diámetro. Una vez libre de aceite, el gas refrigerante sigue su paso hacia el condensador. El aceite separado escurre al fondo, donde se encuentra un depósito adecuado para acumularse, hasta que alcance un nivel suficiente para balancear el flotador y accionar la válvula de aguja, la cual permite el regreso del aceite al cárter del compresor. El flujo de aceite hacia el cárter, es provocado por la diferencia de presiones entre la alta presión del gas en el separador y la baja presión en el cárter.

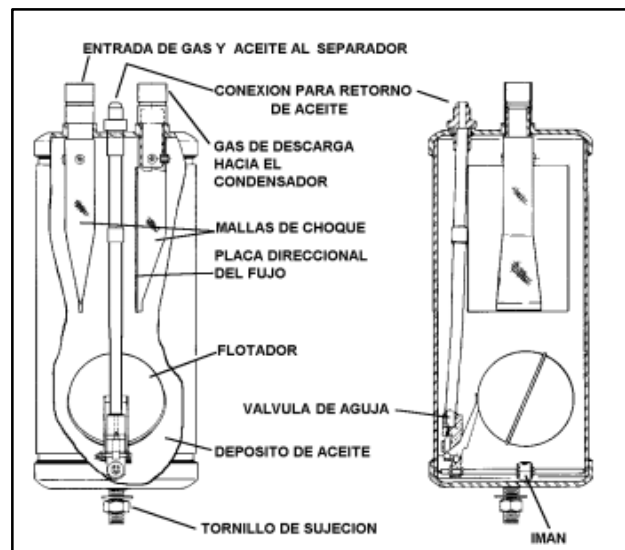


ILUSTRACIÓN 13. PARTES DEL SEPARADOR DE ACEITE

8.1.5 FILTROS

El aire atmosférico que se utiliza para la generación de aire comprimido presenta contaminantes que deben ser eliminados y separados del mismo y por ello es necesario la utilización de filtros. Existen cuatro tipos de filtros utilizados en la generación de aire comprimido medicinal:

1. *Filtro separador de líquidos*: este tipo de filtro sirve para atrapar grandes cantidades de agua, aceite, y partículas mayores a 15 μm . Tiene un diseño tal que obliga a las gotas de agua a chocar y adherirse a su malla, y al formar grandes acúmulos, caen por gravedad. Es una buena práctica colocarlo antes de los filtros coalescentes para aumentar la vida útil de este último.
2. *Filtro coalescente*: este tipo de filtro sirve para captar y separar por coalescencia aerosoles líquidos y microgotas de agua y aceite con una eficiencia mayor al 99,99%. Tienen la propiedad de retener partículas sólidas de 1 a 0,3 μm .

Se pueden instalar en la red general o en los lugares de consumo.

3. *Filtro de carbón activado*: este tipo de filtro retiene los restos de aceite que se encuentran en estado de vapor y que escapa de los filtros anteriores. Con él además se eliminan los olores. Es indispensable contar con este filtro, y se ubica entre los filtros coalescentes y los filtros bacteriológicos.
4. *Filtros de alta eficiencia*: este tipo de filtro retiene partículas sólidas mayores de 0,3 μm , y dentro de este tipo de filtros se encuentran los *filtros bacteriológicos*, que retienen bacterias y partículas mayores a 0,01 μm . Estos son de grado farmacéutico y tienen la posibilidad de ser esterilizables.

Otro tipo de filtros que se pueden encontrar en la sala de aire comprimido, son aquellos que se encuentran en la toma de aire por parte de los compresores. Estos retienen partículas y contaminantes de gran tamaño que puedan ocasionar un daño a los mismos.

8.1.6 ABSORBEDOR

El secado por absorción es un proceso químico que permite que el vapor de agua se fije al material absorbente, que puede ser sólido o líquido. Por lo general, se emplea cloruro sódico y ácido sulfúrico, los cuales con el paso del tiempo pueden generar corrosión en las cañerías. Este método resulta poco práctico por tener un alto consumo de material absorbente que debe ser cambiado periódicamente, y además tiene una capacidad limitada de reducir el punto de rocío siendo este de un valor aproximado de +40°C.

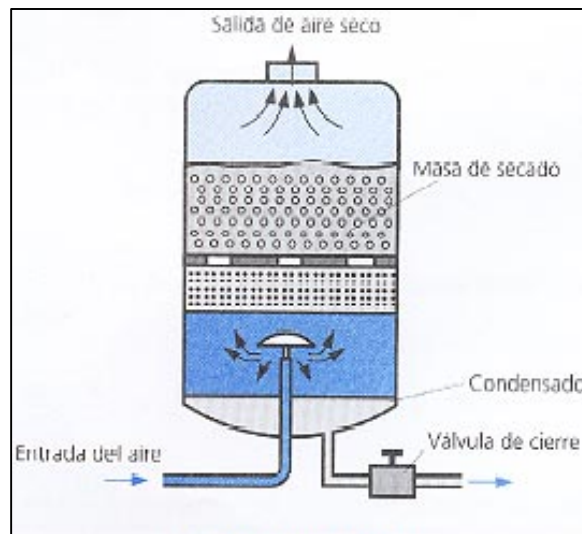


ILUSTRACIÓN 14. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN ABSORBEDOR

8.1.7 CATALIZADOR

Un *catalizador* es una sustancia que participa en un proceso de transformación denominado catálisis, es decir que altera la reacción química, acelerando o retardando, pero no participa en ella.

La función de los mismos es eliminar los compuestos orgánicos volátiles (COV), que son aquellos hidrocarburos que se encuentran en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. El monóxido de carbono (CO) es el compuesto orgánico volátil más abundante en la capa inferior de la atmósfera y su origen antropogénico es debido a la combustión incompleta de materias orgánicas como gas, carbón, madera como así también los carburantes de los automóviles que producen el 84% del mismo.

El catalizador se suele diseñar de una pieza cerámica compuesta por canales revestidos de rodio u otro material, que al entrar en contacto se produce una reacción química que permite descomponer los gases y oxidarlos, permitiendo que los mismos sean inofensivos para el ser humano. En el caso del monóxido de carbono, al oxidarse se transforma en dióxido de carbono (CO₂).

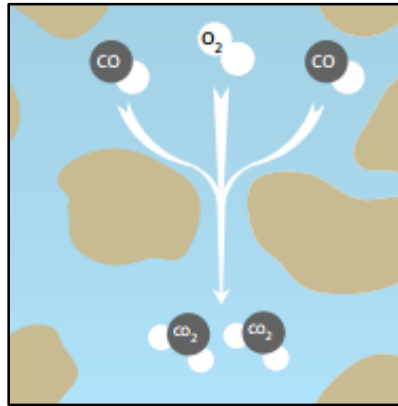


ILUSTRACIÓN 15. TRANSFORMACIÓN QUE PRODUCE EL CATALIZADOR

La ventaja que presenta realizar la oxidación catalítica frente a la oxidación térmica (incineración) es que se realiza a temperaturas menores, lo cual reduce de forma considerable el consumo de energía en el proceso de calentamiento del aire hasta alcanzar la correspondiente temperatura de oxidación. Sin embargo, presenta como desventaja el costo de sustitución de forma periódica, como así también el tiempo de gestión como residuo.

8.1.8 VÁLVULA DE ALIVIO

Las válvulas de alivio de presión tienen como finalidad dentro de un circuito bajo presión aliviar la presión que el fluido genera dentro del sistema, evitando la explosión del mismo. Su apertura está comandada por valores de presión límite. El paso del aire se mantiene cerrado mediante un resorte o contrapeso, cuya fuerza es vencida por la presión en exceso. Para el caso de válvulas controladas por solenoide, las mismas cierran el paso cuando este es activado. Por la función dentro del circuito, también se denominan *válvulas de seguridad*.

La norma IRAM-ISO 7396-1 las denomina *medios de alivio de presión* y sugiere que los mismos deben tener una ventilación hacia el exterior y contar con medios que eviten el ingreso de, por ejemplo, insectos, suciedad y agua. A su vez, se deben ubicar de tal manera que queden alejadas de cualquier ventana, puerta o abertura del edificio. En caso de producirse el alivio de presión, el cierre de dicha válvula debe ser automático.

Dado que es una válvula de seguridad, no es posible que esté aislado por una válvula de corte desde la red o desde el regulador de presión al cual está conectado.



ILUSTRACIÓN 16. ELECTROVÁLVULA DE ALIVIO

7.1.9 VÁLVULA DE RETENCIÓN (DIODO NEUMÁTICO)

Las válvulas de retención tienen la función establecer la dirección del gas en una instalación que contiene un fluido, ya sea gaseoso o líquido, permitiendo el paso del mismo en un sentido y bloqueando en otro. Debido a esto, también son llamadas válvulas antiretorno o válvulas unidireccionales.

8.1.10 SECADOR FRIGORÍFICO

El secador frigorífico tiene la función de enfriar el aire y refrigerarlo hasta condensar el vapor de humedad para luego volver a calentarlo evitando así condensaciones en las tuberías aguas abajo del mismo. Esto se realiza dado que al comprimir el aire atmosférico, el vapor de agua que contiene y la concentración de partículas en suspensión aumentan notablemente. En él existen tres tipos de humedad: agua líquida, aerosol (neblina) y vapor (gas), que debe ser eliminada ya que produce corrosión en la red de distribución, fugas de aire comprimido por averías que produce dicha corrosión, fallas en los equipos neumáticos utilizados, y lo más importante, deterioro de la calidad del producto final: aire comprimido medicinal.

Los secadores frigoríficos se componen de dos circuitos, por un lado el *circuito del aire* en el cual ingresa el aire caliente, pasa a través de un intercambiador de calor aire/aire en el cual se enfría el aire que ingresa por medio del aire que sale frío y seco, para luego pasar por un intercambiador de calor aire-refrigerante en donde el aire vuelve a ser enfriado pero ahora por un circuito refrigerante hasta el punto de rocío deseado. En esta última instancia el vapor de agua se condensa en gotas de agua con lo cual en la base del circuito se dispone de un separador de agua integrado, permitiendo evacuar la humedad recogida.

El *círculo refrigerante* tiene la finalidad de eliminar el calor del aire comprimido y lo enfría hasta el punto de rocío deseado. Para ello cuenta con un compresor refrigerante que tiene como función comprimir el gas refrigerante a una presión mayor, que luego se refrigera para que cambie de gas a líquido a través de un condensador refrigerante. A la salida del mismo, existe un filtro que protege al dispositivo de expansión contra partículas, que es el dispositivo que se encuentra luego del condensador refrigerante y que se denomina válvula de expansión termostática, en el cual se expande disminuyendo así su presión, pero manteniendo enfriado el refrigerante. Por último, el separador de líquido garantiza que solo pueda entrar en el compresor gas refrigerante. Entre la entrada de éste y la salida del compresor de refrigerante, se dispone un dispositivo de regulación en el cual la válvula de derivación de gas caliente regula el secador para evitar la congelación en condiciones de baja carga.

En la Ilustración 17 se pueden visualizar: (1) intercambiador de calor aire/aire; (2) intercambiador de calor aire/refrigerante; (3) separador de agua integrado; (4) compresor de refrigerante; (5) dispositivo de regulación; (6) condensador de refrigerante; (7) filtro de refrigerante; (8) válvula de expansión termostática; (9) separador de líquido.

Para determinar el secador frigorífico se debe tener en cuenta la presión de trabajo, la temperatura del aire comprimido y la temperatura ambiente dado que estos factores repercuten a la hora de la elección del secador.

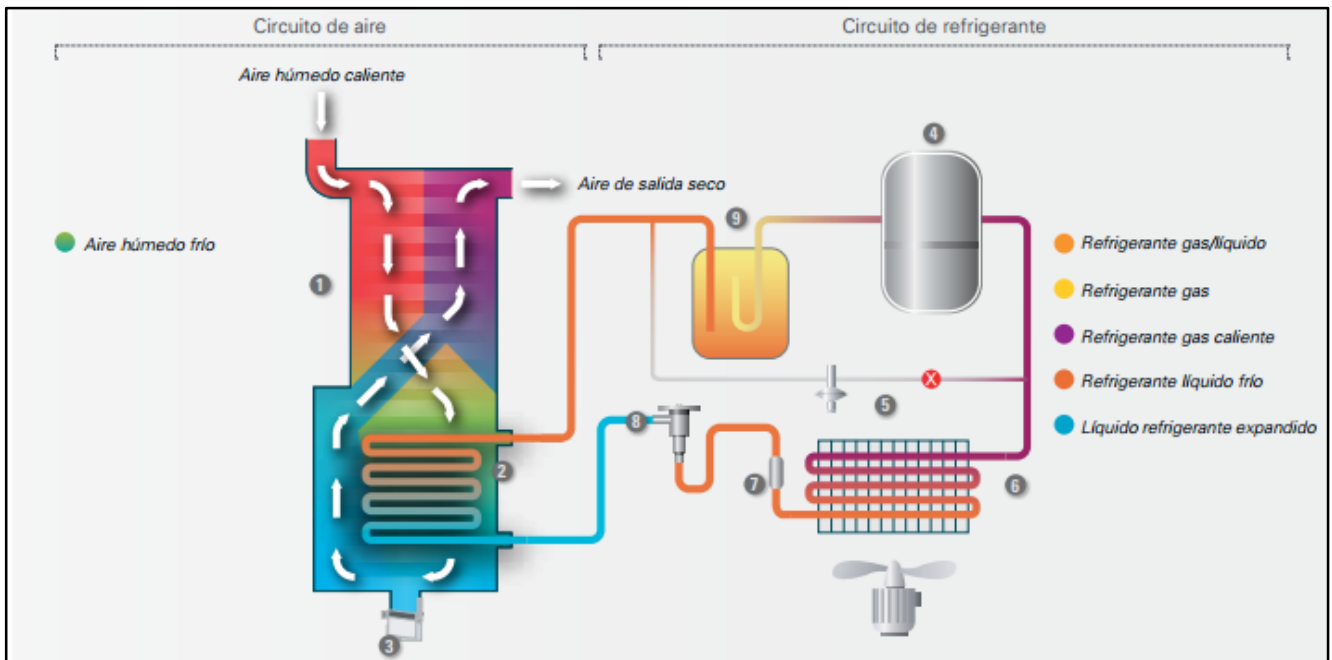


ILUSTRACIÓN 17. COMPONENTES DEL SECADOR FRIGORÍFICO

8.1.11 SECADOR POR ADSORCIÓN

Este tipo de proceso se lleva a cabo mediante el empleo de matrices de secado denominados disecantes. Estos disecantes están hechos de materiales higroscópicos (silicalgel, tamices moleculares, alúmina activada, etc.). La adsorción implica que el vapor de agua se adhiera al disecante, acumulándose en los miles de poros que poseen los gránulos del mismo.

El intercambio de vapor de agua desde el aire comprimido húmedo al material higroscópico hace que este se sature gradualmente con el agua adsorbida. Por este motivo es que dicho material se debe regenerar periódicamente para recuperar su capacidad de secado.

Los secadores por adsorción están compuestos generalmente por dos torres de secado: la primera torre seca el aire comprimido de entrada mientras la segunda se regenera. Cada depósito alterna su función cuando el otro está regenerando por completo. El PRP (punto de rocío a presión) típico que se puede alcanzar es -40°C , lo cual hace que estos secadores sean los indicados en aplicaciones que requieran de un aire muy seco.



ILUSTRACIÓN 18. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN SECADOR POR ADSORCIÓN

8.1.12 SENSOR DE PUNTO DE ROCÍO

El sensor de punto de rocío tiene como función medir la temperatura de punto de rocío, que es la temperatura a la cual se forma la condensación del vapor de agua existen en el gas. A través de esta medida es posible determinar cuánto vapor de agua existe en el mismo ya que la presión parcial máxima de vapor de agua se relaciona con la temperatura, y es por ello que no es la misma medida la de un gas sin comprimir, que un gas comprimido (a mayor presión mayor temperatura). En este último caso se denomina “punto de rocío a presión”.

Por ejemplo, a 20°C la presión parcial máxima de vapor de agua es de 23.5 mbar, este valor representa la “presión de vapor de saturación” a 20°C. En un entorno “saturado” a 20°C la incorporación de más vapor de agua deriva en la formación de condensación. Este fenómeno de condensación puede utilizarse para medir el contenido de vapor de agua.

Según la norma IRAM-ISO 7396-1 se debe contar con un sensor de punto de rocío dotado de una alarma y pantalla ubicado en el sistema de cañerías, por debajo de todas las unidades acondicionadoras. La importancia de conocer este valor a la salida de todas las unidades acondicionadoras deriva de que el aire comprimido utilizado dentro de un establecimiento de salud

requiere un alto nivel de pureza, y la presencia de vapor de agua se considera como contaminante del mismo.

8.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO CON CILINDROS O BATERÍAS DE CILINDROS

Los componentes que forman parte de este tipo de sistema son: banco de cilindros o baterías de cilindros, regulador de presión, manifold, válvula antiretorno, filtros con un tamaño de poro de 100µm y mangueras flexibles. Algunos de estos elementos fueron explicados en el apartado anterior, con lo cual se procederá a explicar los componentes restantes.

8.2.1 BANCO DE CILINDROS O BATERÍA DE CILINDROS

Otra forma de tener aire comprimido medicinal dentro de un establecimiento para la salud es a través de bancos o baterías de cilindros. Dependiendo el uso dentro del establecimiento, y el consumo del mismo, los bancos o baterías se pueden conformar de cilindros de distintos tamaños, entre ellos: 2 L, 5 L, 10 L, 11 L, 20 L Y 50 L.



ILUSTRACIÓN 19. DISTINTOS TAMAÑOS DE CILINDROS DE GASES MEDICINALES

En cada cilindro se puede observar una tapa en forma de tulipa, una válvula, una ojiva, un cuerpo en el cual se encuentra la etiqueta que identifica el gas medicinal y una base. Según la Resolución MSN 1130/00: “*Gases Medicinales*” los envases deben tener como mínimo la siguiente información y descripción: cruz griega de color verde que identifica que el cilindro contiene un gas

medicinal, nombre genérico del gas que contiene, número de certificado otorgado por la autoridad sanitaria, composición, especificaciones técnicas que debe cumplir incluyendo contenido y presión, identificación de la empresa titular y el fabricante, número de lote, nombre del director técnico y matrícula, fecha de llenado y fecha de vencimiento, y cuando corresponda: condiciones de almacenamiento e instructivo sobre la manipulación correcta y segura de los productos.

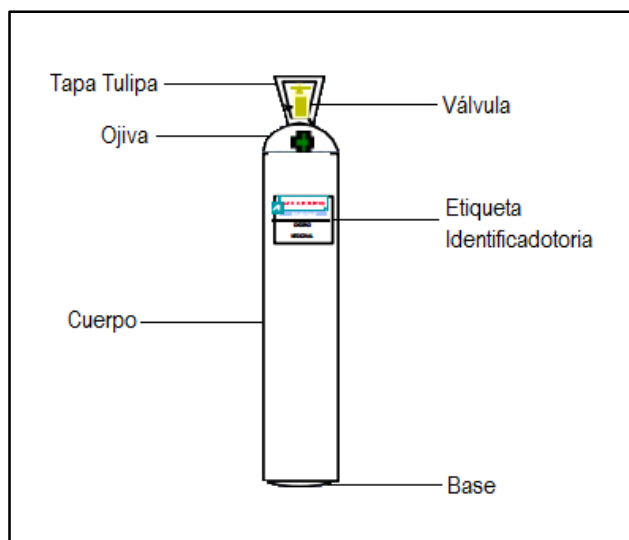


ILUSTRACIÓN 20. PARTES QUE COMPONEN UN CILINDRO DE GAS MEDICINAL

Al igual que lo que pasa en la red de distribución, para evitar errores, los cilindros se encuentran identificados por colores y cada uno de ellos tiene grifos distintos que impiden que se realicen conexiones erróneas. Dicha identificación debe realizarse bajo la resolución MSN 324/77 que establece las normas que deben utilizarse. La Norma IRAM 2588: “Cilindros para gases medicinales. Colores de seguridad para la identificación de su contenido” fija el nombre, el color y tipo de rosca que los cilindros deben utilizar. Los mismos se presentan en la Tabla 2.

Gas	Color cuerpo	Color ojiva	Nombre (en letras negras)	Rosca
Oxígeno Medicinal	Blanco	Blanco	Oxígeno	5/8 macho derecha
Dióxido de Carbono Medicinal	Violeta brillante	Violeta brillante	Dióxido de carbono	5/8 hembra derecha

Óxido Nitroso (protóxido de nitrógeno)	Azul	Azul	Protóxido de Nitrógeno	-
Aire Medicinal	Blanco	Negra	Aire	¾ macho derecha

TABLA 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS CILINDROS DE GASES MEDICINALES. FUENTE: NORMA IRAM 2588

Según la norma IRAM- ISO 7396-1 un sistema de suministro con cilindros o baterías de cilindros debe ser tal que se pueda suministrar el caudal de diseño del sistema con cualquiera de las dos fuentes de suministro fuera de servicio (fuente primaria y secundaria).

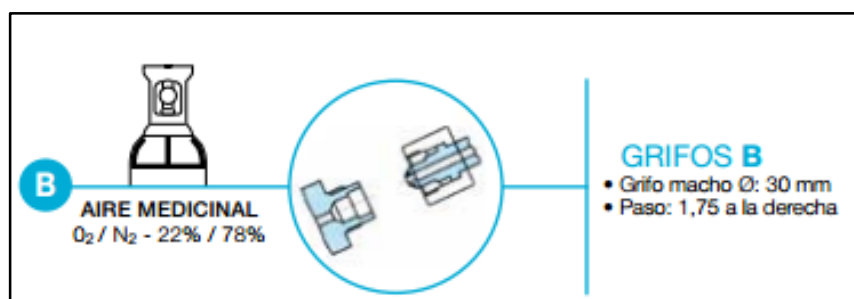


ILUSTRACIÓN 21. GRIFO PARA AIRE MEDICINAL

8.2.2 MANIFOLD

Los *manifold* son dispositivos que tienen la finalidad de conectar la salida de uno o más cilindro o baterías de cilindros de un mismo gas al sistema de red.

Se denominan *equipos manifold* al conjunto de cilindros de alta presión almacenados para el abastecimiento del establecimiento de salud. El mismo se compone de los cilindros propiamente dicho, válvulas de alta presión denominadas “válvulas de corte de banco” para poner o sacar de servicio alguno de ellos, válvulas de alta presión en cada cilindro denominadas “válvulas de corte por cilindro” para poder independizar al mismo del resto de los cilindros pertenecientes al banco y tuberías colectoras y mangueras flexibles.

Al tener varias conexiones, también se denominan base para montaje múltiple. Las mismas se especifican como AxB, en donde A es la cantidad de rampas o ramas conectadas al manifold, y B es la cantidad de cilindros instalados en cada una de ellas.

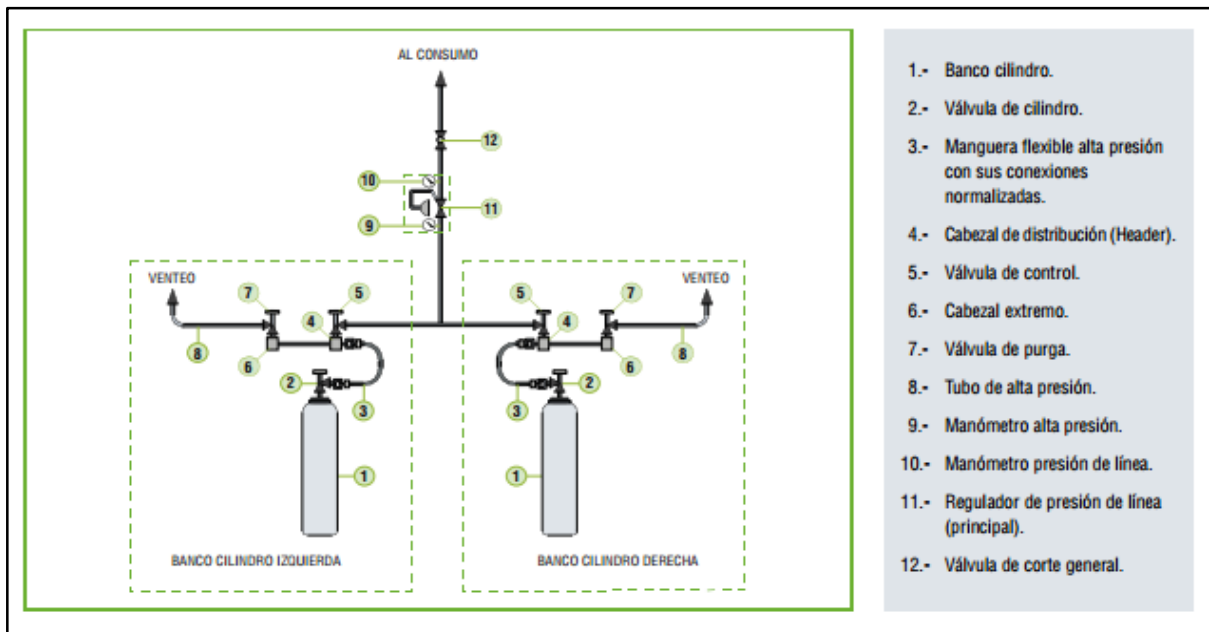


ILUSTRACIÓN 22. PARTES DE UN EQUIPO MANIFOLD

8.2.3 REGULADORES DE PRESIÓN

Los reguladores de presión son dispositivos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante aguas abajo de los mismos, independientemente de las variaciones de presión a la entrada o los cambios de requerimiento de flujo. Su diseño automáticamente controla o limita la variación de presión del flujo a valores previamente establecidos.

Su funcionamiento se basa en una válvula de recorrido ajustable conectada mecánicamente a un diafragma. Este último se equilibra con la presión de salida (presión entregada) y por una fuerza aplicada del lado contrario, a la cara que tiene contacto con la presión de salida. La fuerza aplicada del lado opuesto al diafragma puede ser suministrada por un resorte, un peso u otro instrumento denominado piloto (es otro regulador pero más pequeño).

Estos dispositivos deben cumplir con la norma ISO 15024: "Reguladores de presión para uso de gases medicinales". En la segunda parte de esta norma se especifica los requisitos para aquellos que trabajen con una presión de entrada por encima de 3000 kPa y que tengan como fin la utilización de alguno de los siguientes gases: oxígeno, óxido nitroso, aire para respiración, dióxido de carbono, mezclas oxígeno/óxido nitroso, aire para impulsar herramientas quirúrgicas y oxígeno producido por concentradores de oxígeno.

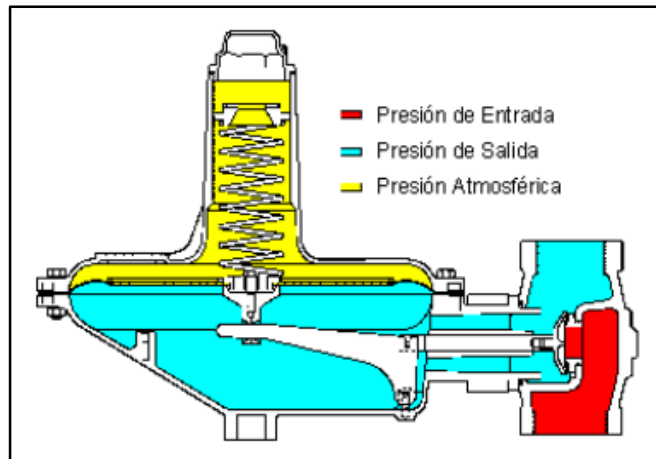


ILUSTRACIÓN 23. REGULADOR DE PRESIÓN

8.2.4 MANGUERAS FLEXIBLES

Las mangueras flexibles se utilizan para conectar cada uno de los cilindros con el manifold. Las mismas según la Norma IRAM-ISO 7396-1 deben cumplir con la Norma internacional ISO 21969: “Conexiones flexibles de alta presión para utilización con sistemas de gases medicinales”. La misma se aplica en aquellas conexiones flexibles de alta presión previstas para ser conectadas a cilindros o conjunto de cilindros con presiones de llenado nominales hasta 25000 kPa a 15 °C para utilización con oxígeno, óxido nitroso, aire para respiración, helio, dióxido de carbono, xenón, mezcla de alguno de los anteriores, aire motriz para equipo quirúrgico o aire enriquecido en oxígeno.

Estas mangueras están construidas de mallas de acero inoxidable reforzadas para garantizar la seguridad y el soporte de las presiones de trabajos requeridos.

8.3 COMPONENTES DE LA UNIDAD MEZCLADORA

Es un sistema concebido por la generación in situ. Este sistema opera mediante la mezcla de dos productos: oxígeno y nitrógeno, producidos y certificados por laboratorio. Los mezcladores poseen un doble analizador paramagnético para garantizar de manera continua el porcentaje de oxígeno presente en la mezcla.

A continuación se observa un esquema que nos permite identificar las partes que componen un sistema de suministro por mezcladores de aire.

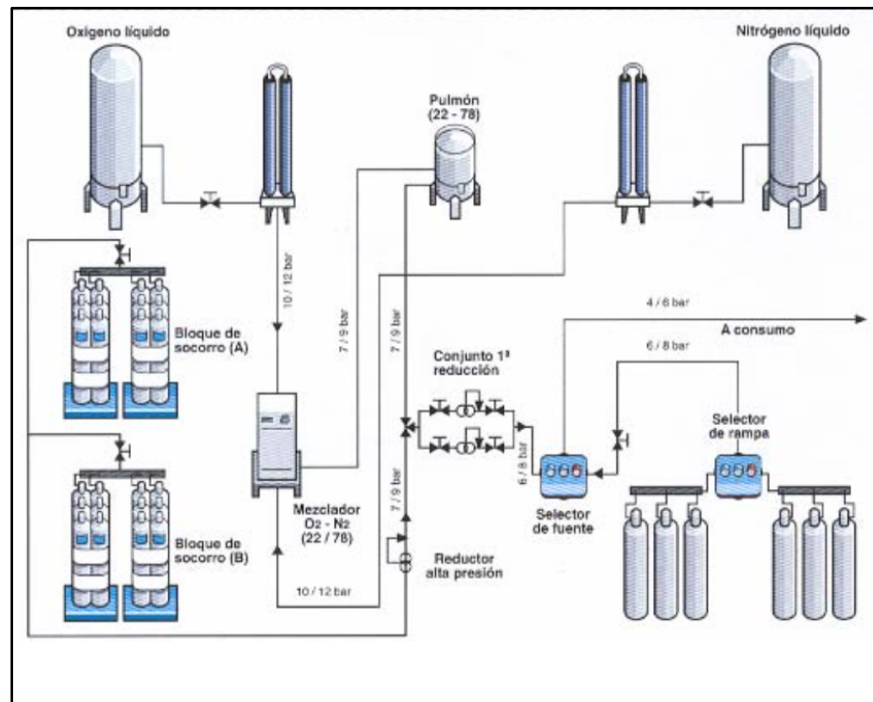


ILUSTRACIÓN 24. SISTEMA DE SUMINISTRO POR MEZCLADORES DE AIRE

La presión que tiene una mezcla de gases dentro de un recipiente cerrado, es también función de las propiedades físicas y químicas de los gases componentes. En los gases ideales, la presión que posee la mezcla es proporcional a las presiones parciales de cada gas que la constituye; una ventaja es que la mayoría de los gases comprimidos tienen propiedades muy similares a la de los gases ideales, esto nos permite determinar las proporciones de una mezcla midiendo presiones parciales de cada uno.

Los gases difunden uno en el otro, de manera que una vez alcanzada una mezcla homogénea esta permanecerá así.

8.3.1 MEZCLADORES DE AIRE

Cuando la mezcla de gases se realiza mediante un mezclador de gas, los gases circulantes se combinan bajo condiciones de flujo turbulento, usualmente se emplea una disposición en la cual el ingreso de los gases forma un ángulo recto. Esta disposición permite generar una mezcla aceptablemente homogénea.

Estas unidades consisten básicamente en una unidad equilibradora de presiones seguidas de una válvula proporcional que estará controlada electrónicamente para poder calibrar la

concentración final de la mezcla. Dicha unidad equilibradora se encuentra alimentada por tanques criogénicos tanto de nitrógeno como de oxígeno. La misma está formada por un juego de diafragmas que responden a diferencias de presiones que generan desplazamientos en balones posicionados a la entrada de cada gas, igualando los flujos de cada uno.

A la salida del módulo proporcional se provee conectores y una válvula solenoide para ingresar al colector. Dicha válvula se abre y cierra conforme a señales, de máxima y mínima, provenientes del presostato conectado al colector. Es en el colector donde se logra la homogeneización final de la mezcla.

8.3.1.1 Módulo proporcional

Está compuesto por una válvula proporcional la misma consiste en una válvula de dos puntas, regulada electrónicamente, dispuesta entre las salidas de la unidad equilibradora. La misma trabaja desplazándose, según la concentración seteada, hacia un lado u otro bloqueando más o menos la entrada de cada gas.

8.3.1.2 Analizador de concentración de oxígeno

Estos analizadores, en su gran mayoría, utilizan un método llamado paramagnetismo. Este aprovecha las propiedades electromagnéticas que poseen gases como: oxígeno, monóxido y dióxido de nitrógeno. De esto surge la importancia que cuando se desea medir uno de estos, el otro deberá estar en muy baja proporciones o que se encuentre en una proporción estable.

El principio físico consiste en que, dado su paramagnetismo en un campo magnético homogéneo, las moléculas de oxígeno son movidas hacia el campo de mayor intensidad. Además, si se tiene dos gases con un contenido desigual de oxígeno y se unen en un campo magnético entre ellos se producirá una diferencia de presión.

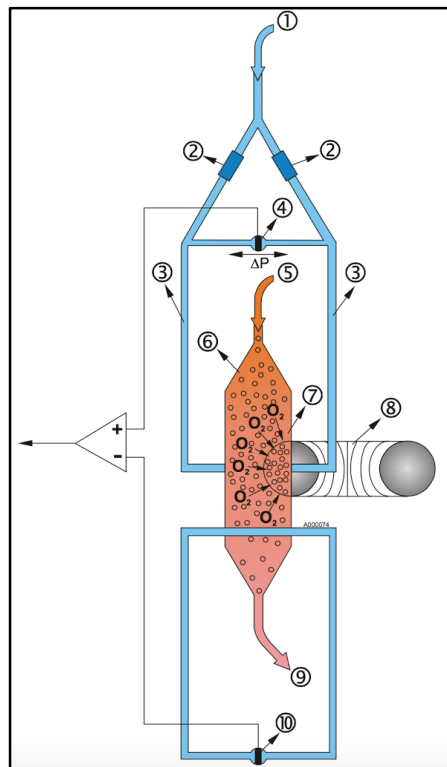


ILUSTRACIÓN 25. ANALIZADOR PARAMAGNÉTICO PARA OXIGENO. FUENTE BÜHLER TECHNOLOGIES

Para explicar el funcionamiento, se presenta la Ilustración 25, en la cual se puede observar: (1) Entrada de gas de referencia; (2) estrangulador; (3) Canales de gas de referencia; (4) Sensor de microflujos para la señal de medición; (5) Entrada de gas de muestreo; (6) Cámara de medición; (7) Efecto de medición paramagnético; (8) Electroimán con intensidad de campo cambiante; (9) Salida de gas de medición y del gas de referencia; (10) Sensor de microflujos en el sistema de compensación (sin flujo).

En este caso se tiene que el gas de referencia ingresa por (1), este gas puede ser N_2 , O_2 o aire, y por (5) ingresa el gas que se desea medir (en nuestro caso estaría sería, por ejemplo, la mezcla de gases obtenida a la salida del mezclador). El gas de referencia ingresa a la cámara de medición por medio de dos canales. Uno de estos flujos de referencia entra en contacto con el gas que se desea medir en la zona del campo magnético pulsante. Dado que los canales están unidos entre sí, la diferencia de presión generada por la diferencia de proporciones origina una corriente, que es transformada por una sonda de micro flujos a una señal eléctrica. Cada sensor de microflujos puede estar constituido por dos rejillas de níquel calentados a unos $120^{\circ}C$, que junto con dos resistencias complementarias forman un Puente de Wheatstone. El flujo pulsante generado produce

un cambio de resistencias en las rejillas de níquel. Esto origina un desequilibrio en el puente dependiente de la concentración de oxígeno.

9. RED DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Un sistema centralizado de gas medicinal dentro de un establecimiento de salud permite que las acciones médicas sean seguras ya que evita el movimiento de cilindros en áreas críticas o pobladas, mejorando la economía en el manejo y almacenamiento, el espacio en las salas de cirugía u hospitalización ya que los cilindros no se encontrarán dentro de los mismos, aliviando el trabajo de las enfermeras ya que no es necesario el transporte de cada cilindro, eliminando las pérdidas de gas residual en los cilindros, y por último, y muy importante dentro de todo establecimiento destinado a la recuperación de pacientes, que el suministro sea constante y continuo.

Por ello, luego de la generación en la sala de máquinas de aire comprimido medicinal, es necesario que el mismo llegue a los distintos puntos de consumo con la misma calidad con la cual se generó. Con lo cual, se hace la instalación de una serie de redes de distribución y lazos de control que permiten llevar el gas medicinal a aquellos servicios y áreas que así lo requieran.

A continuación se presentan los componentes de un sistema de distribución de gas medicinal, y la función que cumplen dentro de la misma.

9.1 COMPONENTES DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO

9.1.1 TUBERÍAS

Las tuberías son los elementos por el cual circula el gas medicinal correspondiente con una presión adecuada, desde la sala de aire comprimido hasta los puntos de consumo. Como estos últimos son diversos, dicha tubería comprende un ramal principal que luego se divide en varios ramales de menor diámetro para llegar a los distintos puntos de consumo. Se pueden considerar a lo largo de la instalación tres tipos de tuberías:

- Tubería principal o tubería madre: Esta tubería corresponde a la línea de aire que sale de la sala de máquinas y conduce la totalidad del caudal de aire. Debe tener la mayor sección posible para disminuir las pérdidas de presión pero valorando la

cuestión económica dado que a mayor tubería mayor será el costo de la misma como así también de los accesorios que acompañan la misma. A su vez, mientras mayor sea el diámetro de la misma, mayor serán los puestos de consumo que abastecerá, con lo cual, si existe algún inconveniente en la misma será mayor la cantidad de servicios o áreas afectadas. Otra consideración a tener en cuenta en su dimensionamiento es la posibilidad de que el hospital realice ampliaciones futuras.

La velocidad máxima del aire es de 8 m/s.

- Tubería secundaria: Son las que reciben el aire de la tubería principal, ramificándose en las distintas áreas del hospital y de las cuales salen las tuberías de servicio. El caudal de aire que transportan será el correspondiente a la suma de los caudales parciales que de ella se deriven. También es conveniente prever alguna futura ampliación al calcular su diámetro.
- Tubería de servicio: Estas son las que alimentan a los equipos biomédicos a través de los acoples que se encuentran en los paneles de gases médicos.

Según la organización estadounidense NFPA 99 (National Fire Protection Association) el diámetro mínimo que puede adoptar una cañería de aire comprimido medicinal es de $\frac{1}{2}$ ".

Las tuberías a lo largo de su recorrido deben quedar protegidas de factores como la corrosión, congelamiento y/o altas temperaturas.

Su instalación será empotrada, para conexión de accesorios soldados y por cielo raso falso, para tener acceso a las mismas. Las tuberías de gases medicinales no podrán instalarse en aquellos lugares donde exista posibilidad de estar expuestas al contacto con aceite.

9.1.2 MATERIALES

Como mencionamos anteriormente, el gas medicinal recorre la tubería con una determinada presión y debe soportar factores de corrosión como así también altas y bajas temperaturas.

Las cañerías de cobre se clasifican en L, M y K según la presión que soportan, el espesor de pared, el diámetro interior y el peso teórico. El material recomendado bajo estas circunstancias, según las normas internacionales NFPA 99 Y CGA (Asociación de Gases medicinales) son las tuberías de cobre tipo K sin costura rígida. Otros factores que tienen en cuenta estas normas y que este tipo de

material soporta es la presencia de humedad o impurezas como así también los riesgos de incendio asociados a las mismas.

La utilización de cobre se debe a las características fisicoquímicas que el mismo presenta, entre ellas: la resistencia mecánica, incluso a muy baja temperatura, el cobre presenta una excelente ductilidad y resistencia a la presión; la baja afinidad que tiene por el oxígeno, con lo cual se asegura la resistencia a la oxidación en el interior de las tuberías y en consecuencia, la resistencia a la corrosión, evitando así posibles fugas de gas que podrían resultar peligrosas en caso de incendio.

Las tuberías de cobre para gases medicinales deben cumplir con la norma UNE-EN 13348:2009: "Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para gases medicinales o vacío". Esta norma establece que la contaminación dentro del tubo debe ser igual o menor a 20 mg/m², es por ello que los mismos están sellados en sus extremos para proteger su interior hasta el momento de la instalación.

9.1.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS

Todas las tuberías de gases medicinales deben estar identificadas según el gas que contienen para evitar confusiones a la hora de realizar mantenimiento, reparaciones o modificaciones luego de realizada la instalación. La tubería que contenga una marca en color verde corresponde a oxígeno, amarillo a aire medicinal, blanco a vacío, azul a óxido nitroso, y violeta a evacuación de gases.

En trayectos largos cada marca no debe superar los 10 metros de distancias. A su vez, en cada tramo donde la tubería se deriva se debe contar con una calcomanía con el nombre, la dirección y el sentido de flujo, y debe estar pintada la tubería del color para identificar el gas conducido (NFPA 99). Según la norma ISO 5359 se debe utilizar letras de no menos de 6 mm de altura, aplicarse con el nombre y/o símbolo del gas a lo largo del eje longitudinal de la cañería, y también, como en el caso anterior, incluir flechas que indiquen la dirección del flujo.

9.2 VÁLVULAS DE CORTE

Según la norma IRAM-ISO 7396-1, las válvulas de corte se utilizan para aislar las secciones del sistema de redes de distribución para el mantenimiento, la reparación, las ampliaciones futuras planificadas y para facilitar ensayos periódicos que deban realizarse sobre las mismas.

Al utilizarse en distintos trayectos y por distintas razones, la nomenclatura que adquiere cada una de ellas son las siguientes:

- Válvula de corte de la fuente;
- Válvula de corte principal;
- Válvula de corte del montante;
- Válvula de corte de ramal;
- Válvula de corte de zona;
- Válvula de corte de anillo;
- válvula de corte para mantenimiento;
- Válvula de corte de entrada.

A cada una de estas válvulas se le debe indicar de manera segura y fácilmente visible el nombre o símbolo del servicio de gas o los montantes, las ramas o las zonas controladas por las mismas.

9.3 UNIDADES TERMINALES- PANEL DE GASES MÉDICOS

Se denominan unidades terminales a aquellos puntos de un sistema de gases medicinales en el cual el operador realiza las conexiones correspondientes para hacer uso de los mismos en los aparatos de anestesia, respiradores pulmonares u otras unidades de equipo médico. Una conexión equivocada puede crear una situación de peligro tanto para el paciente como para el operador, con lo cual es importante que las unidades terminales o puestos de consumo se diseñen, fabriquen, instalen y mantengan siguiendo los requisitos básicos de la norma ISO 9170-1 “Unidades terminales para gases medicinales comprimidos y de vacío” e ISO 7396-1 “Sistemas de canalización para gases medicinales comprimidos y vacío”.

Estas unidades terminales se pueden encontrar dispuestas en paneles de cabecera o columnas de techo.



ILUSTRACIÓN 26. PANEL DE CABECERA Y COLUMNA DE TECHO

9.4 CONJUNTO DE SUMINISTRO DE MANTENIMIENTO

En caso de ser necesario un mantenimiento general (ya sea correctivo o preventivo) la sala debe contar con una entrada para el conjunto de suministro de mantenimiento. La norma IRAM-ISO 7396-1 define al conjunto de mantenimiento como “punto de entrada el cual permite la conexión de un suministro de mantenimiento” y a suministro de mantenimiento como “fuente destinada a suministrar al sistema durante el mantenimiento”.

Se debe proveer, aguas abajo de las válvulas de corte principal, uno o más conjuntos de mantenimiento. La ubicación de este conjunto debe ser determinada tanto por el fabricante como el gerente del establecimiento para la salud.

A su vez este debe poseer un conector para un gas específico (para evitar la conexión accidental de otro tipo de gas), un medio de alivio de presión, una válvula antiretorno y una válvula de corte. Al diseñar el conjunto de suministro se debe tener en cuenta el caudal requerido bajo condiciones de mantenimiento. Además, al determinar su ubicación se debe considerar protegerlo físicamente para evitar obstrucciones y el acceso no autorizado, como así también que el mismo esté fuera del área del sistema de suministro principal y que permita el acceso de vehículos.

9.5 SISTEMAS DE SUPERVISIÓN Y ALARMA

Para el correcto funcionamiento del sistema de suministro la norma IRAM-ISO 7396-1 contempla cuatro alarmas con propósitos distintos:

- I. Alarmas operacionales: notificar al personal técnico que una o más fuentes de suministro dentro del sistema de suministro ya no están disponibles para su uso y que es imprescindible que se emprenda una acción.
- II. Alarmas operacionales de emergencia: indican una presión anormal dentro de una cañería y podrían requerir una respuesta inmediata del personal técnico.
- III. Alarmas clínicas de emergencia: indican una presión anormal dentro de una cañería y podrían requerir una respuesta inmediata tanto del personal técnico como del personal clínico.
- IV. Alarmas informativas: indican el estado normal.

9.5.1 REQUISITOS DE LA INSTALACIÓN

Si no está previsto dentro de la normativa, el fabricante del sistema de suministro en conjunto con la dirección del establecimiento para la salud debe determinar la ubicación de los paneles indicadores utilizando los principios de gestión de riesgos.

La norma IRAM-ISO 7396-1 establece requisitos generales a cumplir tales como:

- La ubicación y diseño de los paneles deberá permitir la observación continua de los mismos.
- Un panel indicador que muestre todas las señales (ver Tabla 3) de alarma operacional. Este se debe instalar en al menos un lugar que permita la observación o comunicación continua.
- Los paneles indicadores de señales de alarmas clínicas de emergencia se deben instalar en las zonas clínicas y críticas, además se puede instalar un panel cerca de la válvula de corte de la zona y debe indicar cuál es la zona supervisada
- Los manómetros instalados deben mostrar la presión de distribución y estar marcados para indicar el servicio y la zona supervisada.
- Se debe proporcionar indicadores visuales para cada condición supervisada y se deben marcar según su función.
- Los sensores para alarmas clínicas de emergencia (ver tabla 3) se deben situar más abajo de cada válvula de corte de zona.
- Se deberá proporcionar un medio para poder ensayar el mecanismo de activación y el funcionamiento de las señales de alarma visuales y sonoras.

- El diseño debe ser tal que no sea posible aislar un sensor de la presión, por ejemplo, mediante una válvula de corte operada manualmente, mientras está conectado a la cañería. Si se incorpora una válvula para fines de mantenimiento se debe abrir al colocar el sensor.
- La tolerancia de funcionamiento de cualquier sensor de presión en su punto de ajuste no debe exceder $\pm 4\%$.

Estos sistemas de supervisión y alarma se deben estar alimentados tanto por la red de suministro eléctrico norma como así también por el grupo de emergencia. Al igual que los otros componentes eléctricos, deben estar protegidos eléctricamente y de manera individual.

Su diseño debe ser tal que se active una alarma si existe una falla eléctrica entre el sensor y el indicador.

Tipos de Alarmas			
	Alarmas Operacionales	Alarmas Clínicas de Emergencia	Alarmas Operacionales de Emergencia
Señales que se deben indicar	El recambio de suministro de cilindros de primario a secundario	Desviación de la presión de la cañería más abajo de cualquier válvula de corte de zona superior al $\pm 20\%$ de la presión nominal de distribución	Para un sistema de distribución de una sola etapa, una desviación de la presión de la cañería más abajo de la válvula de corte principal superior a $\pm 20\%$ de la presión nominal de distribución
	Cualquier suministro de cilindro primario, secundario o de reserva por debajo de la presión o contenido mínimo	Un aumento de la presión de la cañería para el vacío más arriba de cualquier válvula de corte de zona superior a 66 kPa absolutos	Para un sistema de distribución de doble etapa, una desviación de la presión de la cañería más abajo de la válvula de corte principal superior a $\pm 20\%$ de la presión nominal del sistema de suministro
	Presión en cualquier recipiente criogénico por debajo de la mínima especificada por la dirección del establecimiento para el cuidado de la salud en consulta con el proveedor de gas		Un aumento de la presión de la cañería para el vacío más arriba (excepto para los anillos selectores) de la válvula de corte principal superior a 44 kPa absolutos
	Nivel del líquido en cualquier recipiente criogénico por debajo del mínimo		

	especificado por la dirección del establecimiento para el cuidado de la salud en consulta con el proveedor del gas		
	Funcionamiento defectuoso de un sistema compresor de aire		
	Para el aire suministrado por un sistema compresor, el contenido de vapor de agua por encima de 67 ml/ m ³		
	Funcionamiento defectuoso de un sistema mezclador		
	Funcionamiento defectuoso de un sistema criogénico		
	Funcionamiento defectuoso de un sistema de suministro para aire enriquecido en oxígeno		

TABLA 3. SEÑALES A INDICAR SEGÚN TIPO DE ALARMA

9.5.2 SEÑALES DE SUPERVISIÓN Y ALARMA

A modo general las señales de supervisión y alarma deben cumplir con la siguiente tabla.

Categoría	Respuesta del operador	Color del indicador	Señal visual	Señal sonora
Alarma Clínica de Emergencia	Respuesta inmediata para tratar una situación peligrosa	Cumple la Norma Internacional IEC 60601-1-8	Cumple la Norma Internacional IEC 60601-1-8	Cumple la Norma Internacional IEC 60601-1-8 ^a
Alarma Operacional de Emergencia	Respuesta inmediata para tratar una situación peligrosa	Rojo	Intermitente ^b	Si
Alarma Operacional	Respuesta rápida a una situación peligrosa	Amarillo	Intermitente ^b	Opcional
Señal Informativa	Conocimiento del estado normal	No rojo No amarillo	Constante	No

- a Si se utiliza un patrón de más de dos tonos o frecuencias.
- b Las frecuencias de parpadeo visual para las alarmas operacionales y las alarmas operacionales de emergencia deberían ser entre 0,4 Hz y 2,8 Hz con un ciclo de trabajo 20% y 60%.

TABLA 4. REQUISITOS PARA SEÑALES VISUALES Y SONORAS. FUENTE: NORMA IRAM-ISO 7396-1

9.5.2.1 Señales sonoras

A continuación se presentan los requisitos particulares para señales sonoras:

- En el caso de utilizar un patrón de dos o más tonos o frecuencias como una señal sonora, las señales sonoras para alarmas clínicas de emergencia deben ser conformes con los requisitos de la Norma Internacional IEC 60601-1-8.
- Todas las señales sonoras deben comprender uno o dos tonos modulados igualmente. El nivel de potencia acústica ponderado A de los componentes acústicos de estas señales de alarma a volumen mínimo debe ser al menos de 2 dB por encima de un nivel de fondo blanco de 55 dB cuando se ensaye conforme con la Norma Internacional ISO 3746;
- Si el operador puede silenciar una señal sonora, el silenciamiento no debe impedir que la señal sonora sea activa por una condición de alarma nueva. Además si el operador puede silenciar una señal sonora de emergencia, el periodo de silenciamiento no debe ser superior a 15 min. Estos medios para interrumpir el audio de la señal sonora deben ser tal que sea solo accesible para personal autorizado.

9.5.2.2 Señales visuales

Los requisitos particulares para señales visuales se enlistan a continuación:

- Las señales visuales para las alarmas clínicas de emergencia deben ser conformes con los requisitos de la Norma Internacional IEC 60601-1-8;
- Los colores indicadores y las características de las señales visuales deben ser conforme a los indicados en la Tabla 4;
- Se recomienda las indicaciones visuales perciban correctamente y distingan entre sí en las condiciones siguientes:
 - Operador con agudeza visual de 1 (corregida si es necesario);
 - Punto de observación a una distancia de 4 m y en cualquier punto dentro de la base de un cono que subtiende un ángulo de 30° respecto al eje normal al centro de un plano de visualización de la indicación visual;

- Bajo una iluminación ambiental comprendida en el rango de 100 lx a 1500 lx.

9.5.2.3 Características de alarmas de emergencia y operacionales

Para las alarmas clínicas de emergencia y las alarmas operacionales de emergencia debe existir una señal visual y una sonora simultánea, como se indica en la Tabla 4. Para estas alarmas operacionales debe existir al menos una señal visual y cuando ha cesado la condición que causó la alarma, la señal sonora y la señal visual se deben reajustar automáticamente o por acción deliberada del operador.

9.5.2.4 Señales informativas

Se deben proporcionar señales informativas para indicar el estado normal y deben consistir en una señal visual conforme a lo especificado en la Tabla 4.

9.5.2.5 Ampliaciones de la alarma a distancia

Si se proporciona una ampliación de la alarma a distancia, se debe disponer de forma que un fallo en el circuito externo no afecte el funcionamiento correcto de la alarma principal. La ubicación de los paneles indicadores para una alarma a distancia debe ser según las recomendaciones del fabricante en conjunto con la dirección del establecimiento para la salud utilizando los principios de gestión de los riesgos.

10. CALIDAD DEL AIRE

Dada la finalidad del aire medicinal dentro de un establecimiento para la salud, el mismo debe cumplir con ciertos requisitos. Según la norma IRAM- ISO 7396-1 el aire medicinal o el aire para accionamiento quirúrgico suministrado por los sistema de compresores debe ser filtrado de tal forma que la contaminación de partículas esté por debajo del nivel provisto por la Tabla 2, clase 2, de la norma ISO 8573-1:2010: "Aire Comprimido", que especifica los requisitos de calidad del mismo. En esta norma se presentan los tres tipos de contaminantes habituales en el aire: suciedad, agua y aceite. Los distintos grados de calidad exponen el límite admisible de cada uno de ellos.

ISO 8573-1:2010	Suciedad			Concentración en masa mg/m ³	Agua		Aceite
	Máximo número de partículas por m ³				Punto de rocío a presión del vapor	Líquido g/m ³	Aceite total (aerosol, líquido, vapor) mg/m ³
	0,1 - 0,5 micras	0,5 - 1 micra	1 - 5 micras				
0	Según lo especificado por el usuario o proveedor del equipo y más estricto que la Clase 1						
1	≤ 20000	≤ 400	≤ 10	-	≤ -70 °C/-94 °F	-	0,01
2	≤ 400000	≤ 6000	≤ 100	-	≤ -40 °C/-40 °F	-	0,1
3	-	≤ 90000	≤ 1000	-	≤ -20 °C/-4 °F	-	1
4	-	-	≤ 10000	-	≤ +3 °C/+37,4 °F	-	5
5	-	-	≤ 100000	-	≤ +7 °C/+44,6 °F	-	-
6	-	-	-	≤ 5	≤ +10 °C/+50 °F	-	-
7	-	-	-	5 - 10	-	≤ 0,5	-
8	-	-	-	-	-	0,5 - 5	-
9	-	-	-	-	-	5 - 10	-
X	-	-	-	> 10	-	> 10	> 10

ILUSTRACIÓN 27. TABLA 2 DE LA NORMA ISO 8573-1:2010

Además de lo expuesto anteriormente por la norma ISO 8573-1:2010, el aire deberá cumplir también con la norma IRAM-ISO 7396-1 que propone, en caso de no existir una norma regional o nacional que aplique a sistemas de suministros de aire medicinal obtenido a través de compresores, los siguientes valores para el aire comprimido resultante:

- Concentración de oxígeno $\geq 20,4$ % (fracción en volumen) y $\leq 21,4$ % (fracción en volumen);
- Concentración total de aceite $\leq 0,1$ mg/m³ medido a la presión del ambiente;
- Concentración de monóxido de carbono ≤ 5 ml/m³;
- Concentración de dióxido de carbono ≤ 500 ml/m³;
- Contenido de vapor de agua ≤ 67 ml/m³;
- Concentración de dióxido de azufre ≤ 1 ml/m³;
- Concentración de NO+NO₂ ≤ 2 ml/m³.

Si el aire comprimido es utilizado para el accionamiento de herramientas quirúrgicas se debe cumplir:

- Concentración total de aceite $\leq 0,1$ mg/m³ medida la temperatura del ambiente;
- Contenido de vapor de agua ≤ 67 ml/m³.

Para el caso en que el aire medicinal obtenido mediante unidades mezcladoras, se sugiere que la proporción cumpla con lo siguiente (esto es en caso de no existir una reglamentación regional o nacional):

- Concentración de oxígeno $> 19,95\%$ (fracción en volumen) y $< 23,63\%$ (fracción en volumen).
- Contenido de vapor de agua < 67 ml/m³.

Estas concentraciones no aplican al aire comprimido generado para la utilización de herramientas quirúrgicas.

11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y SISTEMA DE CONTROL

La Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) en su reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles (AEA 90364) parte 7 sección 710: “Locales para usos médicos y salas externas a los mismos” expone que “en el caso de una perturbación de la red normal, la instalación de energía eléctrica deberá poder alimentar por un tiempo mínimo de 24 horas a los equipos esencialmente necesarios, los equipos médico- técnicos y a los equipos imprescindibles para el mantenimiento del servicio del hospital” considerándose en este último caso la sala de máquinas de aire comprimido medicinal. Por ello, esta sala no solo debe ser alimentada mediante la red principal de distribución de energía eléctrica, sino que deberá contar con alimentación de un grupo electrógeno para casos de emergencias.

Esta recomendación también es sugerida por la norma IRAM-ISO 7396-1, que todas las unidades de compresión y todos los mezcladores se deben conectar al suministro de energía eléctrica de emergencia.

11.1 ARRANQUE DEL MOTOR TRIFÁSICO

Los equipos compresores utilizados para la generación de aire comprimido, entre otras cosas, se constituyen por un motor asíncrono. Este tipo de motores de corriente alterna, también denominados *motores de inducción*, funcionan a partir de la inducción electromagnética que el campo magnético de la bobina del estator produce sobre el rotor, produciendo así un torque mecánico. La característica de este tipo de motores es el alto consumo de intensidad cuando son alimentados de manera directa, obteniendo así una sobre intensidad que puede causar caídas de tensión en la red y problemas en los sistemas mecánicos. Por este motivo, existen diferentes conceptos y soluciones para la puesta en marcha de este tipo de motores de los cuales se presentará el arranque directo, arranque estrella-triángulo y arranque suave.

El *arranque del motor de manera directa* (triángulo) significa que los devanados del mismo están conectados directamente a la red eléctrica por un proceso de conmutación simple. Esto

requiere altas corrientes de arranque (corriente de sobrecarga) que causan caídas en la tensión de red como así también estrés térmico en los devanados del motor reduciendo la vida útil de los, mismos, y de manera temporal, fuerzas electrodinámicas momentáneas.

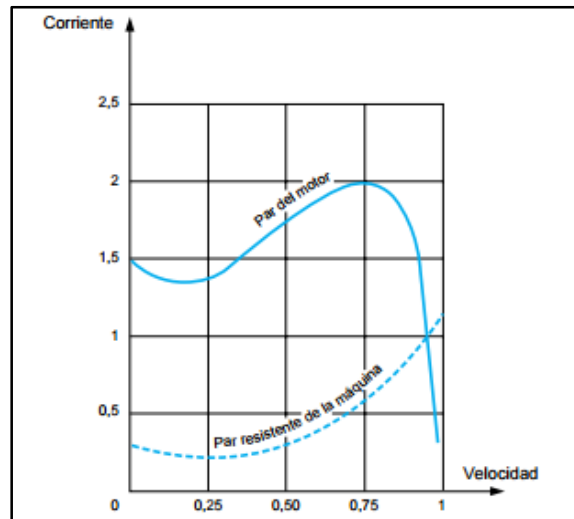


ILUSTRACIÓN 28. CURVA DE CORRIENTE/VELOCIDAD DEL ARRANQUE DIRECTO

El *arranque estrella-triángulo* tiene una transición entre los devanados. Se comienza acoplando los devanados en estrella, consiguiendo así reducir la corriente en el momento del arranque al alimentar a una tensión menor, siendo:

$$\text{tensión nominal} / \sqrt{3}$$

De esta manera, la intensidad de arranque disminuye tres veces a comparación del arranque directo. También disminuye el par de arranque, que se reduce a menos de la mitad, lo que hace imposible que los motores de media potencia arranquen con carga. Una vez que el motor se encuentra en movimiento, se debe esperar cierto tiempo para realizar el acoplamiento en triángulo. Este tiempo está dado por la igualdad entre el par resistente y el par motor, que se da aproximadamente al 75% u 85% de la velocidad nominal, de lo contrario el motor conectado en estrella no tendría la fuerza suficiente para vencer el par resistente y seguir acelerando el motor como se muestra en la Ilustración 29. Una vez acoplado en triángulo el motor rinde según sus características naturales. Un temporizador se encarga de controlar la transición del acoplamiento en estrella al acoplamiento en triángulo. El cierre del contactor de triángulo se produce con un retardo de

30 a 50 milisegundos tras la apertura del contactor de estrella, lo que evita un cortocircuito entre fases al no poder encontrarse ambos cerrados al mismo tiempo.

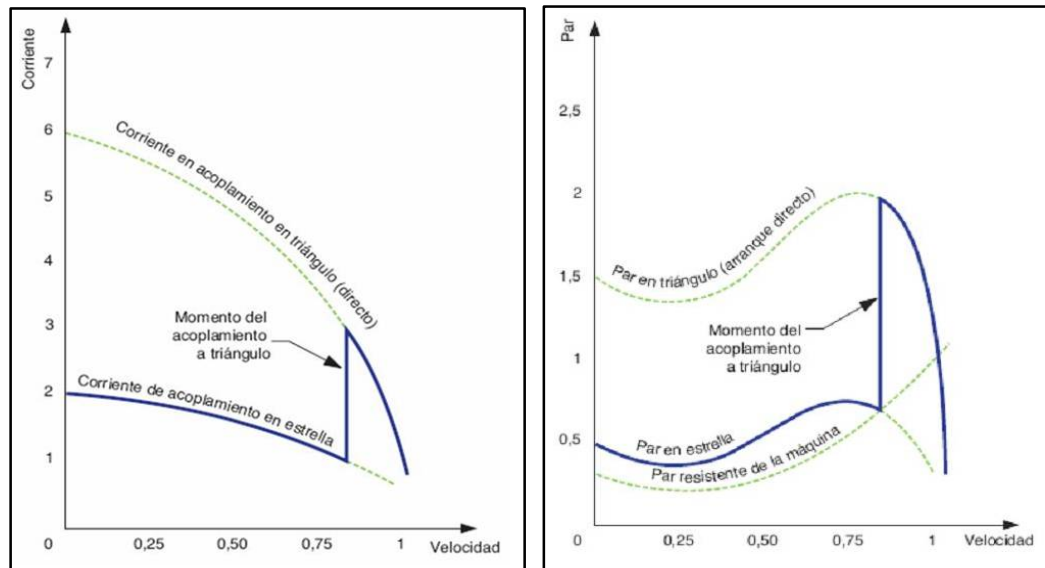


ILUSTRACIÓN 29. CURVA CORRIENTE-VELOCIDAD EN EL ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO (FIGURA IZQUIERDA); CURVA PAR-VELOCIDAD EN EL ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO (FIGURA DERECHA)

El *arranque suave* acciona de forma continua la tensión de alimentación del motor trifásico en la fase de arranque. De este modo el motor se ajusta al comportamiento de carga de la máquina operadora y se acelera cuidadosamente. Como se muestra en la Ilustración 30, este tipo de arranque elimina los picos de intensidad evitando golpes mecánicos, teniendo un control de la corriente más uniforme que para el caso del arranque directo y arranque estrella-triángulo. Gracias a esto, se protege el motor del estrés eléctrico y el desgaste del motor es menor en aquellos casos en los cuales la frecuencia de arranque sea elevada.

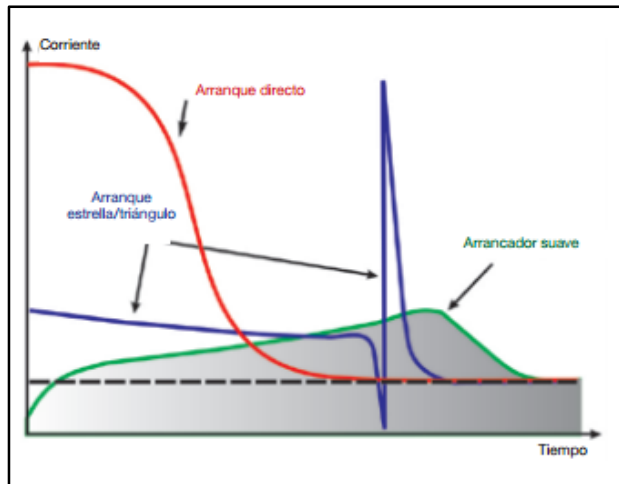


ILUSTRACIÓN 30. DIFERENCIA ENTRE LOS DISTINTOS ARRANQUES

11.1.1 COMPONENTES DEL TABLERO ELÉCTRICO

A lo largo de la conexión de los motores asíncronos y la red eléctrica, según la Ilustración 31, se observan fusibles, contactores y protector de motor.

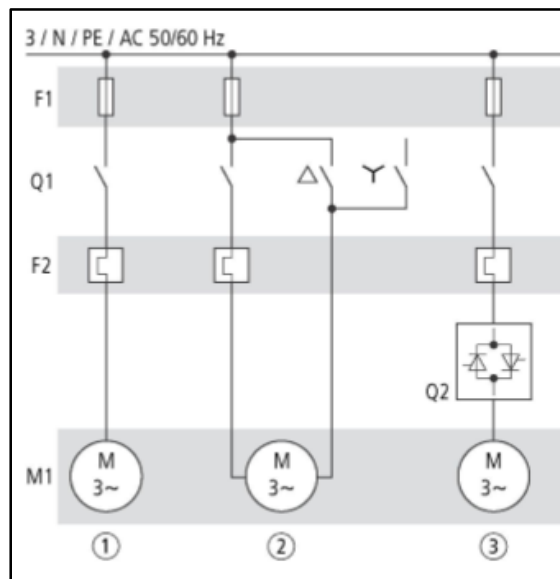


ILUSTRACIÓN 31. ARRANQUE DE MOTORES ASÍNCRONOS: ESQUEMA 1: ARRANQUE DIRECTO; ESQUEMA 2: ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO; ESQUEMA 3: ARRANCADOR SUAVE

Los *fusibles* (F1) dentro del circuito eléctrico tienen la función de proteger al mismo fase a fase, con un poder de corte muy elevado y un volumen reducido. Los mismos actúan en aquellos momentos en que se produce un cortocircuito o existe una sobrecarga en el circuito con pico de corriente poco elevados.

Para realizar la conmutación de los distintos componentes del circuito, como así también para realizar el acoplamiento estrella-triángulo, se dispone de *contactores* (Q1) que pueden ser electromecánicos o electrónicos.

Por último, y lo más cercano al motor asincrónico, se debe contar con un protector de motor (F2): uno de los dispositivos utilizados es el *relé* para controlar receptores resistivos o inductivos alimentados en corriente alterna. Los mismos pueden establecer o interrumpir corrientes importantes con una corriente de control de baja intensidad. Este aumento de corriente se debe a la presencia de cortocircuitos.

El componente Q2 hace referencia al arrancador suave, que produce un arranque continuo y sin picos.

11.2 SISTEMA DE CONTROL

Una forma de implementar un sistema de control automatizado es utilizando un dispositivo denominado PLC (Programmable Logic Controller). Este dispositivo digital electrónico cuenta con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objetivo de controlar máquinas y procesos.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, entre otras.

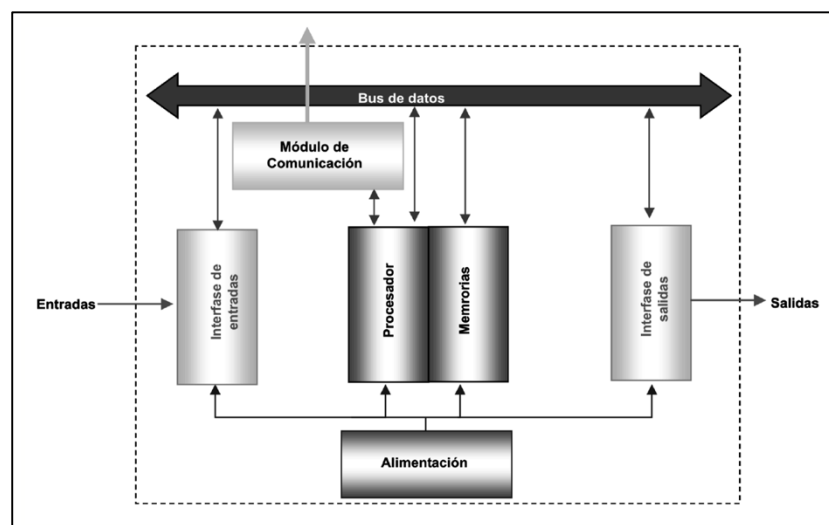


ILUSTRACIÓN 32. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLC

Un PLC está conformado básicamente por:

- I. *Procesador*: es el “cerebro” del PLC, el responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario. Las tareas que principalmente lleva a cabo son ejecutar el programa realizado por el usuario, administrar de la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria, y entre el microprocesador y los bornes de entrada/salida y ejecutar los programas de autodiagnóstico.

Para poder realizar todas estas tareas, el procesador necesita un programa escrito por el fabricante, llamado sistema operativo. Este programa no es accesible por el usuario y se encuentra grabado en una memoria que no pierde la información ante la ausencia de alimentación, es decir, en una memoria no volátil.

- II. *Memoria*: el dispositivo debe ser capaz de almacenar y retirar información y es por ello que cuentan con memorias. Las memorias son miles de cientos de localizaciones, muy bien organizadas, donde la información puede ser almacenada. Estas localizaciones están muy bien organizadas. En las memorias el PLC debe ser capaz de almacenar tanto *datos del proceso* (señales de entradas y salidas, variables internas, de bit y de palabra, y datos alfanuméricos y constantes) y *datos de control* (instrucciones de usuario, programa y configuración del autómata).

- III. *Entradas y salidas*: los dispositivos de entrada y salida son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales al PLC.

- a. Dispositivos de entrada: cada dispositivo de entrada es utilizado para conocer una condición particular de su entorno, como temperatura, presión, posición, etc.

- b. Dispositivos de salida: los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno.

Por lo general los dispositivos de entrada, los de salida y el microprocesador trabajan en diferentes niveles de tensión y corriente. En este caso las señales que entran y salen del PLC deben ser acondicionadas a las tensiones y corrientes que maneja el microprocesador, para que éste las pueda reconocer. Esto se logra realizar mediante las interfaces de entrada o salida.

12. RECOMENDACIONES DE LA NFPA 99

La norma estadounidense NFPA 99 por sus siglas en inglés “National Fire Protection Association” tiene como objetivo establecer criterios para minimizar los riesgos asociados a incendios, explosiones y electricidad en aquellos establecimientos dedicados a la salud. En el Capítulo 5 de la misma se establecen las recomendaciones en cuanto al funcionamiento, instalación, mantenimiento y ensayos para sistemas de gases medicinales no inflamables que operen a una presión por debajo 2068 kPa, siendo así aplicable en una sala de generación de aire comprimido medicinal.

Si bien este proyecto integrador se basa en las sugerencias propuestas por la Norma IRAM-ISO 7396-1 existen algunos aspectos que no son contemplados en ella. Debido a esto, se considera esta norma internacional y se exponen aquellos elementos no especificados en la norma nacional pero que consideramos que son relevantes en el diseño de la sala de aire comprimido medicinal.

La primera sugerencia se basa en la sala de máquinas propiamente dicha, y considera que la misma debe estar destinada únicamente a la generación de aire comprimido medicinal. Debe poseer una correcta ventilación que evite la acumulación de calor dentro de la misma, como así también los servicios básicos de electricidad, desagüe cloacal y luz. En caso de utilizar postenfriadores aire-aire la temperatura de la sala se debe mantener dentro de un rango establecido por el fabricante.

En cuanto a seguridad, la sala de máquinas debe contar con algún tipo de cerradura que permita una restricción en el ingreso de la misma. En caso de encontrarse ubicado en el exterior del hospital se debe delimitar su zona con muros o vallas, ambos de materiales no combustibles. En caso de estar ubicada en el interior las paredes, pisos, techo y puerta también deben ser construidos con materiales y terminaciones no combustibles o de combustibilidad limitada, con un mínimo de una hora de resistencia al fuego.

La sala de máquinas no debe contener cilindros, se deben disponer en lugares distintos. En caso de que el almacenamiento de los mismos sea en un lugar cerrado las dimensiones de las puertas o aberturas debe ser tal que permita el ingreso y egreso de los carros de mano para movilizar los mismos, como así también contar con cadenas o elementos que permitan sostener los cilindros y así evitar su caída dentro de la sala. Al igual que la sala de máquinas, el lugar debe ser construido con materiales y terminaciones no combustibles o de combustibilidad limitada, con un mínimo de una hora de resistencia al fuego.

En cuanto a la instalación eléctrica, debe estar con concordancia con NFPA 70: “Código nacional de electricidad” para ubicaciones comunes, con dispositivos eléctricos localizados a una altura igual o mayor a 1500 mm del piso para evitar el daño físico.

En cuanto a los componentes de la sala, si bien la norma nacional sugiere la utilización de filtros no especifica cuales se deben utilizar, mientras que esta norma internacional sugiere la utilización de un filtro seco en la entrada de la toma del aire atmosférico y un filtro separador de aceite a la salida del compresor si el mismo es lubricado con aceite, como así también la utilización (sin importar si es o no libre de aceite) de filtros coalescentes y de carbón activo. A su vez, recomienda que los filtros deben ser acorde a las condiciones en la cual se encuentra el aire atmosférico, estar dimensionados para el 100% del pico de demanda, tener una tasa de eficiencia del 98% o más para $1\mu\text{m}$ y por último, estar equipados con un indicador visual en el que se pueda visualizar de manera continua el estado del elemento filtrante.

En cuanto a las fuentes de suministro, si bien en ambos casos los compresores deben estar calculados para satisfacer la demanda pico del hospital, la norma nacional propone contar como mínimo con tres fuentes de suministro, mientras que la norma internacional establece el mínimo en dos unidades de compresión.

A lo largo del sistema de aire comprimido se debe eliminar la condensación de vapor de agua generado. Los postenfriadores deben contar con trampas de agua individuales dado que el tanque de reserva no puede ser utilizado para tal fin. En cuanto a secadores, los mismos deben estar diseñados para proveer aire a un punto de rocío por debajo de punto de congelación (0°C o 32 F) y estar dimensionados para el 100% del pico de demanda.

Junto con la instalación de los compresores, postenfriadores y secadores, se debe instalar un montaje anti-vibratorio según los requerimientos de equipos dinámicos o según lo sugerido por el fabricante.

El tanque de reserva no es contemplado dentro de la norma nacional, mientras que la norma internacional sugiere que los mismos deben tener la capacidad suficiente para abastecer la demanda en caso de que se termine antes el ciclo de compresión. En cuanto a su construcción, deben ser fabricados con un material resistente a la corrosión, cumplir con ASME sección 8 “Recipientes bajo presión no expuestos al fuego”, contar con una válvula de alivio de presión, drenaje automático y manual, válvula de inspección y un presostato. Deben permitir además que el punto de entrada y de

salida del aire no sea el mismo durante su funcionamiento normal, como así también permitir ser puenteado durante el mantenimiento sin dejar de proveer aire medicinal a la red de distribución.

En cuanto al sistema de cañerías, los componentes antes mencionados deben estar dispuestos de tal forma que permita el mantenimiento de los mismos sin interrumpir el suministro de aire medicinal a la red de distribución. Además, entre la alarma de punto de rocío y la válvula de corte principal, se debe disponer de un monitor de monóxido de carbono y una válvula de inspección para poder tomar muestras del aire medicinal generado. Otra consideración, es que el sistema de cañerías debe cumplir con los requerimientos sin importar la tecnología utilizada en la sala de máquinas.

En el caso de que se tengan sistemas de cañerías que trabajen a diferentes presiones, aguas abajo de los filtros, se deben separar las mismas pero colocando en cada una de ellas reguladores de línea, monitores de punto de rocío, válvulas de alivio y válvulas de corte principal.

Además, sugiere que la válvula de alivio de presión de la línea esté calibrada al 50 % por encima de la presión de línea.

A nivel eléctrico, la norma nacional únicamente hace referencia al grupo de emergencia con el cual debe contar la sala, mientras que la norma internacional propone que el sistema eléctrico de control sea diseñado de tal manera que permita activar automáticamente un compresor cuando el que se encuentra en funcionamiento es incapaz de mantener la presión necesaria, como así también alternar de manera automática o manual los compresores para cumplir con el tiempo de operación de cada uno (en caso de que no exista la posibilidad de realizar una alternancia de manera automática se debe disponer un horario para que el personal del establecimiento realice el cambio de compresor). En cuanto a los componentes del sistema eléctrico, entre otras cosas se debe contar con: switch de desconexión individual instalado antes de cada arrancador del motor, dispositivo de arranque, relé de sobreintensidad cuando se tengan dos o más compresores, por lo menos dos transformadores de control u otro dispositivo de control por voltaje, circuitos de control para evitar que la salida de un compresor interrumpa el funcionamiento de otro, y una función de reseteo automático para reiniciar el funcionamiento de un compresor después de un corte de energía permitiendo así que no sea necesario recurso humano para volver a utilizar el compresor.

En caso de falla de la red de energía principal, al igual que lo establece la norma nacional, la sala debe contar con energía eléctrica de emergencia.

Para la generación del aire comprimido medicinal los compresores utilizan aire atmosférico, y al igual que la norma nacional establece que la fuente de aire debe estar localizada donde no haya contaminación por parte del humo de motores, depósito de nafta, descarga de sistema de vacío médico, partículas importantes y olores de cualquier tipo. La norma internacional sugiere que el aire debe ser tomado en el exterior del hospital, por encima del techo a una distancia mínima de 3,05 metros de cualquier puerta, ventana, escape u otra entrada o abertura en el edificio, y a una distancia mínima de 6,1 metros por encima del suelo. El extremo de la cañería debe adquirir forma de “sifón”, es decir debe ser llevada hacia abajo, y debe estar cubierta de manera tal que no permita la entrada de insectos, aves, escombros como ningún otro elemento no deseado. En caso de que el aire utilizado no sea el atmosférico (por ejemplo aire ya filtrado para utilizar en sistemas de ventilación siempre y cuando el mismo no sea generado a partir de motores o correas de transmisión), la fuente de aire debe ser tal que permita un suministro de aire continuo.

Las cañerías utilizadas para la toma de aire deben ser de cobre estirado en frío sin costura y cumplir con algunas de las siguientes normas:

- ASTM B919: “especificaciones para tubos de cobre sin costura para sistema de gases medicinales” tubo de gas médico;
- ASTM B88: “especificaciones para cañerías de agua de cobre sin costura” cañería de agua (tipo K o L)
- ASTM B280: “especificaciones para caños de cobre sin costura para aire acondicionado y refrigeración” cañería 280 CR

Si bien la toma de aire realizada en el exterior es una sola, la misma debe permitir conectar en el interior de la sala la toma individual de los distintos compresores, siempre y cuando cada compresor pueda ser aislado mediante una válvula manual, brida o tapón para prevenir la entrada de aire de la sala hacia los otros compresores. Además, la entrada común debe ser diseñada de manera tal que la contrapresión sea mínima de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Al igual que la normal nacional, la NFPA propone en su diseño la utilización de alarmas operacionales acompañadas de señales locales para todas aquellas condiciones que puedan afectar la calidad del aire durante.

Las mismas deben ser localizadas desde un panel de control o por encima de él para monitorear el equipo, un dispositivo de monitoreo (por ejemplo, el de punto de rocío y el de monóxido de carbono) y en un panel de alarma separado.

La norma define al sistema de alarma maestro como un dispositivo que monitorea la operación y las condiciones de las fuentes de suministro y de las fuentes de reserva (si existieran) como así también la presión de línea en el sistema de tuberías. Al menos una de señal debe provenir de los compresores para indicar un problema en los mismos, y en caso de existir sistemas de compresión en distintos lugares del hospital, entonces se debe contar con alarmas separadas en el panel maestro.

Las funciones que deben ser monitoreadas son:

1. Cuando el equipo de reserva está en operación, indicando así que la fuente primaria o principal es incapaz de satisfacer la demanda del sistema, excepto en aquellos casos que el sistema de aire medicinal conste de 3 o más compresores ya que en este caso la señal del equipo de reserva puede energizarse cuando el último compresor ha sido señalado para funcionar;
2. Nivel alto de monóxido de carbono cuando el aire medicinal contiene 10 ppm o más;
3. Cuando el punto de rocío sea mayor a 4°C;
4. Nivel alto de agua (dañino para la operación del sistema) en el tanque de reserva cuando en el sistema de compresión se utilizan compresores de anillo líquido o compresores con componentes enfriados por agua;
5. Nivel alto de agua en los separadores cuando se utilicen compresores de anillo líquido;
6. Nivel alto de temperatura en la descarga de los compresores (que no sean de anillo líquido).

En el caso de realizar la compresión con compresores provistos de anillo líquido, compresores con cabezales enfriados por agua, o cuando se cuente con postenfriadores refrigerados por agua, el tanque de reserva debe estar equipado con un indicador de agua que apague el sistema de compresores cuando el mismo alcance valores altos, y active una alarma local. A su vez, si el compresor contiene un anillo líquido, el mismo tiene que tener también un indicador de agua que al alcanzar un nivel alto apague el compresor y active la alarma. Cuando se trata de compresores que no tienen anillo líquido pero utilizan separadores de aceite u otro medio de eliminación de aceite, a la salida del segundo cilindro de compresión se debe monitorear la temperatura del aire. En caso de que la temperatura supere el valor establecido por el fabricante, se debe apagar el compresor y activar una alarma local.

Otros elementos que deben ser monitoreados son los filtros coalescentes provistos de un indicador de recambio del elemento filtrante, filtros de carbón activo provistos de un indicador colorimétrico de hidrocarburos, inspección diaria de monitorización continua con un indicador de pigmento u otro elemento a la salida de cada compresor de hidrocarburos líquidos, e inspección cada tres meses de hidrocarburos gaseosos.

Cuando comienza a funcionar el compresor de reserva, se debe activar una alarma local que puede ser reseteada únicamente de manera manual.

13. SEGURIDAD E HIGIENE

Dentro de todo ambiente de trabajo debe considerarse la Ley 19.587: Ley de Higiene y Seguridad en el trabajo. La misma aplica a todos aquellos ámbitos laborales que involucren recurso humano, sin importar las actividades que se realicen, herramientas elementos o máquinas utilizadas, objetivos por el cual se lleve a cabo y si las mismas tienen fines de lucro o no. Se debe tener en cuenta que en todo ambiente de trabajo hay causas latentes que pueden conducir a un accidente o incidente, por ello deben considerarse factores, como el nombre de la ley lo dice, de higiene y de seguridad. En el primer caso, involucra elementos de diseño, físicos (carga térmica, presión, humedad, iluminación, vibración y ruido), contaminación ambiental y efluentes industriales. En cuanto a seguridad, se consideran todas las instalaciones, accesorios y artefactos, protección de las mismas y de los trabajadores, prevención de accidentes del trabajo y enfermedades en él, identificación de sustancias nocivas y señalamiento de lugares peligrosos, y por último, prevención y protección contra incendios o cualquier otro tipo de siniestro.

En base a las características de la sala, los elementos involucrados en la misma y su disposición dentro del hospital se considerará realizar la medición y evaluación de niveles de ruido, riesgo contra incendios, riesgos por fugas de gases medicinales (riesgo de asfixia y riesgo de intoxicación) y por último riesgo eléctrico.

13.1 RIESGO POR FUGAS DE GASES MEDICINALES

Este riesgo se presenta cuando existe dentro de una sala cerrada o poco ventilada la fuga o pérdida de un gas más denso que el aire, produciendo el desplazamiento del mismo y generando una atmósfera con porcentajes de oxígeno elevado o disminuido dependiendo el gas de escape.

Por ser gases incoloros e inodoros los escapes no son apreciables a simple vista, y los síntomas pueden ser detectados demasiado tarde. Por ello, deben tomarse todas las precauciones posibles, manejando gases en áreas abiertas o interiores bien ventilados, eliminando todas las posibles causas de escape y controlando regularmente el estado de las válvulas, conexiones, tuberías, etc.

Para la generación de aire medicinal por medio de mezcladores de aire sintético, se debe instalar en la sala de máquinas bancos o baterías de cilindros de oxígeno (O₂) y nitrógeno (N₂) los cuales tienen una densidad mayor que el aire. Los valores se presentan en la Tabla 5.

Gas	Densidad [kg/m ³]	
	NTP	STP
Aire	1,205	1,293
Oxígeno	1,331	1,429
Nitrógeno	1,1605	1,25

TABLA 5. DENSIDAD DE LOS DISTINTOS GASES (NTP: DENSIDAD DE GASES EN CONDICIONES NORMALES DE TEMPERATURA 25°C Y PRESIÓN 101.325 kPA; STP: DENSIDAD DE GAS EN CONDICIONES ESTÁNDAR DE TEMPERATURA 0° Y PRESIÓN 101325 kPA)

En caso de existir pérdida de oxígeno el mismo desplaza al aire generando un ambiente con concentraciones de oxígeno que no pueden ser inhaladas por ser tóxicas para el cuerpo humano, produciendo así intoxicación. En caso de que la fuga sea de nitrógeno, este también desplaza al aire generando un ambiente con niveles de oxígeno que producen hipoxia para los seres humanos.

13.2 RIESGO MECÁNICO

El riesgo mecánico es aquel riesgo asociado a la manipulación de objetos, máquinas, equipos y herramientas que puedan ocasionar accidentes dentro del ámbito laboral. Los mismos pueden desencadenar lesiones corporales como cortes, abrasiones, punciones, contusiones, golpes por objetos desprendidos o proyectados, atrapamientos, aplastamiento, como así también las lesiones producidas por instalaciones bajo presión.

Para la evaluación de dicho riesgo se debe conocer el funcionamiento del equipo, si partes del mismo realizan movimiento de rotación, traslación, ambos, u oscilación y la forma de trabajo de los operarios sobre dicha máquina. En base a los datos recogidos, se puede predecir la lesión: si es por contacto con el cuerpo del trabajador, por contacto con los miembros superiores, o por contacto por proyección.

En base a lo expuesto, se determinará si las acciones de seguridad se realizarán sobre la máquina o sobre el operario. En el primer caso, la prevención puede ser intrínseca, es decir que se elimina el riesgo modificando el diseño de la máquina o limitando la exposición en aquellas condiciones o factores que no se puedan evitar, impidiendo el acceso a dichas zonas o puntos de trabajo. La segunda medida puede ser no integrada a la máquina, es decir que las acciones de seguridad se realizan sobre el operario, como por ejemplo brindar capacitación al personal operativo, especificar el método para la realización de cada una de las operaciones, realizar mantenimiento preventivo, capacitación del personal de mantenimiento y mejorar las técnicas de trabajo.

Los riesgos van a depender del sistema de suministro utilizado: si el sistema de suministro es con compresores pueden existir riesgos de atrapamiento o arrastre, impacto, fricción/abrasión o proyección de sólidos. En caso de que el sistema de suministro sea con mezcladores, al utilizar cilindros comparten los riesgos asociados al suministro con bancos o baterías de cilindros los cuales al caerse pueden producir contusiones sobre el personal o producir una rotura de la válvula que conlleve la proyección de la misma como así también el riesgo de fuga del gas contenido en el mismo. La expansión brusca del gas puede producir una liberación potencial de energía produciendo también la proyección del cilindro, o más grave, del propio cilindro.

13.3 RUIDO EN AMBIENTE LABORAL

El ruido es uno de los contaminantes de mayor presencia en las jornadas laborales. Un gran porcentaje de trabajadores de diversos sectores se ven expuestos a niveles sonoros que pueden ser perjudiciales para su salud, entre ellos: pérdida de la capacidad auditiva, acúfeno, interferencia en la comunicación, malestar, estrés, nerviosismo, trastornos del aparato digestivo, efectos cardiovasculares, disminución del rendimiento laboral, incremento de accidentes y cambios en el comportamiento social. En este caso particular, los compresores de aire son fuentes de sonido de gran intensidad, que al estar dentro de un establecimiento para la salud pueden llegar a dejar expuestos tanto personal del hospital como así también pacientes. Con lo cual, se debe realizar un

seguimiento de los niveles sonoros existentes. Para esto se emplea tanto la Resolución de la Superintendencia de Riesgo del Trabajo 85/2012 que da pautas y protocolos a seguir para determinar la exposición a ruidos en trabajadores como la Resolución del Ministerio de Empleo, Trabajo y Seguridad Social 295/2003 que determina los límites a los cuales pueden estar expuestos.

13.3.1 SONIDO Y RUIDO

El sonido es una perturbación mecánica que se propaga a través de un medio elástico (por ejemplo agua, aire, metal, madera, etc.) y que tiene la propiedad de producir, dentro de un determinado rango de frecuencias, una sensación auditiva. Desde el punto de vista físico sonido y ruido son lo mismo, con lo cual su definición es muy subjetiva. Se considera ruido cuando el sonido es desagradable y produce malestar en la o las personas que lo están percibiendo. Un mismo sonido puede considerarse o no como ruido dependiendo de la percepción de cada persona

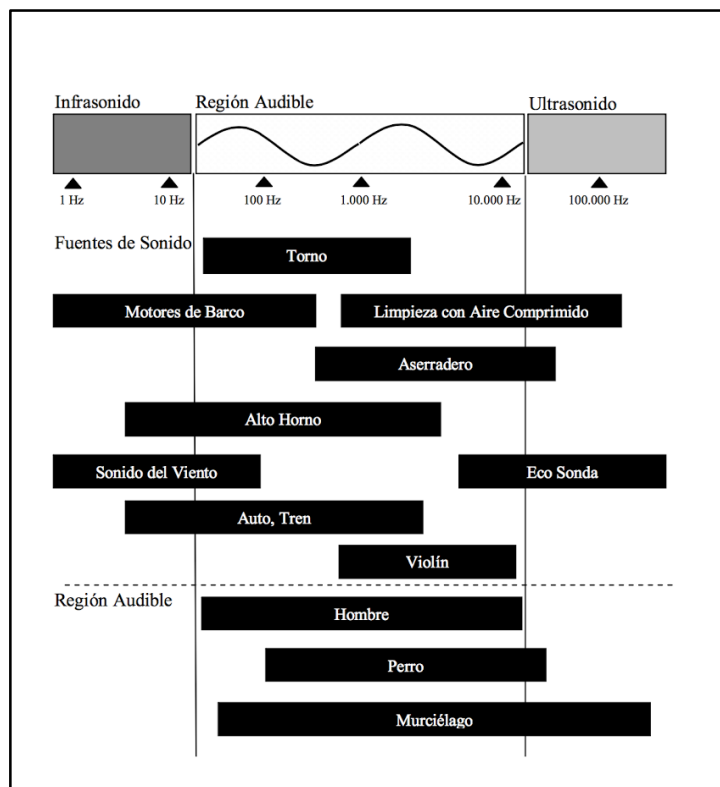


ILUSTRACIÓN 33. FRECUENCIAS Y RANGO AUDIBLE

El ruido se puede clasificar en:

- Ruido continuo: Se presenta cuando el nivel de presión sonora es prácticamente constante durante el periodo de observación (a lo largo de la jornada de trabajo). Por ejemplo: el ruido de un motor eléctrico. La amplitud de la señal, aunque no sea constante siempre mantiene valores que no llegan nunca a ser cero o muy cercanos al cero. Por decirlo de alguna forma, la señal no tiene un valor constante, pero si lo es su valor medio.
- Ruido Intermitente: En él que se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior. El nivel superior debe mantenerse durante más de un segundo antes de producirse una nueva caída. Por ejemplo: el accionar un taladro.
- Ruido de Impacto: Se caracteriza por una elevación brusca de ruido en un tiempo inferior a 35 ms y una duración total de menos de 500 ms. Por ejemplo el arranque de compresores.

13.3.2 DOSIS DE RUIDO

La dosis de ruido se define como cantidad de energía sonora que un trabajador puede recibir durante la jornada laboral, que está determinada no solo por el nivel sonoro continuo equivalente del ruido al que está expuesto sino también por la duración de dicha exposición. De esto se deriva que el potencial de daño de un ruido depende tanto de su intensidad como de su duración.

13.3.3 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Según la guía Práctica "El ruido en el Ambiente Laboral" proporcionada por la gerencia de prevención de la SRT, las mediciones se deben efectuar con un medidor de nivel sonoro integrador (o sonómetro integrador), o con un dosímetro, que cumplan con las exigencias requeridas para un instrumento Tipo 2, establecidas en las normas IRAM 4074:1988 e IEC 804:1985. Con estos instrumentos se pueden realizar dos tipos de procedimientos para la obtención de la exposición diaria al ruido: una medición directa de la dosis de ruido o una medición indirecta mediante el método de niveles sonoros equivalentes

13.3.3.1 Medición de dosis de ruido

Se debe utilizar un dosímetro fijado para un índice de conversión de 3 dB y un nivel de 85 dBA como criterio para una jornada laboral de 8 horas de duración. Si la evaluación del nivel sonoro se realizó mediante una dosimetría durante toda la jornada laboral, el valor obtenido representa la Dosis Diaria de Exposición. En caso de haberse medido solo una parte de la jornada laboral (tiempo de medición menor que el tiempo de exposición) y de poder considerarse que el resto de la jornada tendrá características similares de exposición al ruido. Se calcula la “dosis proyectada jornada total” de la siguiente manera:

$$Dosis\ proyectada\ jornada\ total = \frac{Dosis\ medida * Tiempo\ total\ de\ exposición}{Tiempo\ de\ medición}$$

13.3.3.2 Medición de niveles sonoros equivalentes

Para poder realizar este procedimiento se debe utilizar un medidor de nivel sonoro integrador que también denominado sonómetro integrador. El mismo deberá disponer de un filtro de ponderación A en frecuencia y respuesta temporal “lenta” y “slow”. Una vez realizada la medición se debe verificar que la exposición a ruido no exceda de los valores presentes en la Tabla 6 y Tabla 7.

Duración por día		Nivel de presión acústica [dBA]
Horas	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Minutos	30	97

	15	100
	7,5 Δ	103
	3,75 Δ	106
	1,88 Δ	109
	0,94 Δ	112
Segundos Δ	28,12	115
	14,06	118
	7,03	121
	3,52	124

TABLA 6. VALORES LÍMITE PARA EL RUIDO UTILIZANDO UN SONÓMETRO CON FILTRO DE PONDERACIÓN FRECUENCIAL A Y RESPUESTA LENTA¹

Duración por día	Nivel de presión acústica [dBA]
1.76	127
0.88	130
0.44	133
0.22	136
0.11	139

TABLA 7. VALORES LÍMITE PARA EL RUIDO (NO HA DE HABER EXPOSICIONES A RUIDO CONTINUO, INTERMITENTE O DE IMPACTO POR ENCIMA DE UN NIVEL DE PICO C PONDERADO DE 140 dB)

¹ Δ Limitado por la fuente de ruido y no por control administrativo. También se recomienda utilizar un dosímetro o medidor de integración de nivel sonoro por encima de 120 decibeles

Para poder determinar la dosis recibida en cada puesto de trabajo se necesitará de:

- Tiempo de exposición
- $L_{Aeq,T}$ medido
- Tiempo máximo de exposición permitido para el $L_{Aeq,T}$ medido

Una vez que recopilemos la información necesaria se procede al cálculo de la Dosis de Exposición a Ruido mediante la siguiente expresión:

$$Dosis = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \dots + \frac{Cn}{Tn}$$

Donde:

C: Tiempo de exposición a un determinado $L_{Aeq,T}$ (valor medido).

T: Tiempo máximo de exposición permitido para este $L_{Aeq,T}$

En ningún caso se permite la exposición de trabajadores a ruidos con un nivel sonoro pico ponderado C mayores que 140 dBC, ya sean ruidos continuos, intermitentes o de impacto.

Para realizar los cálculos citados, se usarán todas las exposiciones al ruido en el lugar de trabajo que alcancen o sean superiores a 80 dBA.

13.3 ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS Y PASOS A SEGUIR

El Capítulo 13 del decreto 351/79 expone las condiciones de “Ruido y Vibración” que se deben cumplir en todo ambiente laboral. El anexo 5 establece que ningún trabajador debe estar expuesto a una dosis de nivel sonoro continuo equivalente superior a 85 dBA. En caso de ser así especifica que primero se debe disminuir el ruido que produce la fuente, si no es suficiente se debe proveer protección auditiva a los trabajadores, y en caso de seguir superando el valor límite de exposición, se debe disminuir el tiempo de exposición.

13.4 RIESGO CONTRA INCENDIO

La combustión es la reacción que se produce entre el oxígeno y un material combustible el cual por desprender energía provoca incandescencia o llama. Con lo cual para iniciar la combustión es necesario la existencia de tres elementos: comburente, combustible y energía en determinadas proporciones.



ILUSTRACIÓN 34. ELEMENTOS NECESARIOS PARA GENERAR UN INCENDIO Y/O EXPLOSIÓN

El *combustible* es cualquier material o sustancia capaz de liberar energía al ser oxigenado de manera repentina, y puede presentarse en tres estados: sólido (carbón, madera, papel, tela, cuero, etc.), líquido (nafta, alcohol, pintura, solvente, aceite, etc.) o gaseoso (gas natural, propano, butano, hidrógeno y acetileno).

La *fente de inflamación* es aquella que proporciona la temperatura necesaria para dar inicio a la reacción, que puede ser: una llama abierta, una superficie caliente, chispas y arcos eléctricos, fricción mecánica, reacción química, energía eléctrica, o compresión de gases.

El *comburente* es una sustancia que logra la combustión, o en su defecto, contribuye o favorece la aceleración del mismo. El mismo es un gas inerte, incoloro, insípido e inodoro, que tiene la función de oxidar el combustible para finalmente ser reducido por este último, por ello es que

también se lo denomina agente oxidante. El oxígeno atmosférico es el comburente por excelencia, el cual ocupa un 21% del volumen del mismo. En base a esto, debido a que la sala tiene como principal compuesto al aire, es que se tendrá en cuenta este tipo de riesgo.

Se denomina *mercancías peligrosas* a aquellos materiales u objetos que presentan riesgo para la salud, para la seguridad o que pueden producir daños en el medio ambiente, propiedades o personas. La misma realiza una clasificación de todos estos materiales u objetos, y el aire comprimido medicinal entra dentro de la clasificación 2.2: el primer número hace referencia a que es un gas, y el segundo número a que no es tóxico ni inflamable.

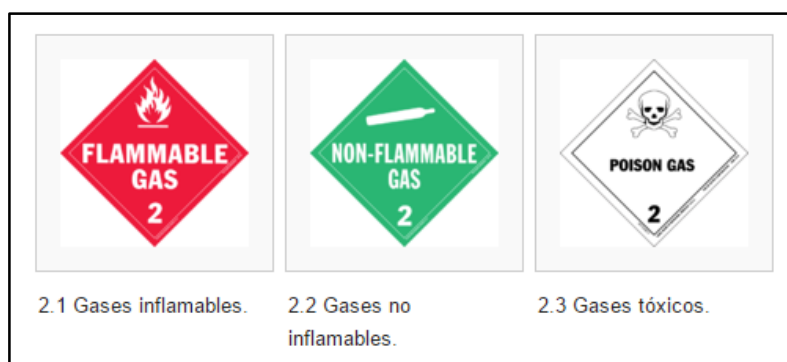


ILUSTRACIÓN 35. CLASIFICACIÓN DEL GAS SEGÚN EL RIESGO

Otro tipo de rotulación que debe existir, por ejemplo en los cilindros de gases medicinales, es el rombo que contiene cuatro colores asociados a distintos riesgos: el azul está al riesgo de la salud, rojo al riesgo de inflamabilidad, amarillo al riesgo de reactividad, y el blanco está diseñado para indicar una característica especial de la sustancia que sirve de apoyo para la información que se presenta en lo demás rombos.

La numeración va desde el 0 hasta el 4. Como dijimos antes, el riesgo de salud es 2, y no hay riesgo de inflamabilidad y de reactividad, con lo cual se le asigna el número cero.



ILUSTRACIÓN 36. RIESGOS ASOCIADOS A LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS

Si bien el aire comprimido es un gas inerte y no inflamable, el mismo es un comburente que acelera el proceso de combustión. En caso de incendio, para ellos no aplica ningún agente de extinción. Si el mismo se encuentra almacenado en cilindros, si es posible se debe trasladar hacia un lugar lejano de fuego o si no se debe enfriar con abundante agua en el lugar ya que existe riesgo de sobrepresión y explosión debido al calor producido durante el incendio.

Si el sistema de suministro es con mezcladores la sala contará con baterías de cilindros o bancos de cilindros de nitrógeno y oxígeno. El nitrógeno inhibe la combustión, mientras que el oxígeno (comburente) es una sustancia extremadamente inflamable en estado puro y el riesgo de incendio aumenta considerablemente cuando la concentración de oxígeno en el ambiente incrementa, incluso en un pequeño porcentaje. Las chispas que en circunstancias normales serían inofensivas en un ambiente enriquecido de oxígeno produce un incendio y los materiales que en condiciones normales no arderían pueden hacerlo de manera enérgica e incluso espontánea.

Los extintores clase B (BC o ABC) se utilizan para aquellos incendios producidos por líquidos combustibles (pinturas, grasas, solventes, nafta, etc.) o por gases. El fuego se apaga eliminando el aire o interrumpiendo la reacción en cadena.

Dado el lugar donde se encuentra la sala de máquinas se debe considerar el riesgo de incendio provocado por la existencia de equipos de GNC en los automóviles de la zona de estacionamiento adyacente a la misma. Según el Ente Nacional Regulador del Gas (ENERGAS) aquellos lugares públicos que cuente con un estacionamiento cerrado se debe disponer como mínimo de un matafuego de polvo triclase de base potásica de 10 kg.

Los extintores de polvo seco reciben varias denominaciones: polvo químico, polvo químico seco, polvo BC (para extinguir fuegos de clase B y C) y por último polvos polivalentes o polvo ABC (para extinguir los tres tipos de fuego). Los mismos se pueden componer de diferentes sales químicas, como ser: bicarbonato sódico, bicarbonato potásico, cloruro potásico, bicarbonato de urea-potasio, fosfato monoamónico o metales alcalinos. Comercialmente, dependiendo su composición reciben el nombre de *sal común* si contiene bicarbonato sódico, *purpura k* si contiene bicarbonato potásico, *súper k* si contiene cloruro potásico, *ABC o polivalente* si contiene fosfato monoamónico o *Monnex* si contiene urea y bicarbonato potásico.

Aquellos que contengan potasio en su base química serán los adecuados para extinguir el fuego producido por los cilindros de GNC.

13.4.1 REGLAMENTACIÓN

El decreto 351/79 en su Capítulo 18 “Protección contra incendios” define que en todo lugar de trabajo se deben tomar medidas para dificultar la iniciación de incendios, evitar la propagación del fuego y los efectos de los gases tóxicos, asegurar la evacuación de las personas, facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de bomberos y que el lugar disponga de instalaciones de detección y extinción.

13.5 RIESGO ELÉCTRICO

El riesgo eléctrico o choque eléctrico es aquel riesgo producido por instalaciones eléctricas o dispositivos bajo tensión. La AEA 90364-4 lo define como el “efecto fisiológico resultante del paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo de un ser humano o animal”. Para que exista el mismo el cuerpo humano debe formar parte del circuito, tener baja conductividad, y debe existir un punto de entrada y uno de salida con una diferencia de potencial entre ellos mayor que cero.

Las personas pueden formar parte del circuito de manera directa o indirecta:

Contactos directos: contacto eléctrico de las personas con partes activas. Esto es posible cuando el cuerpo es parte del circuito y se dan las condiciones que favorecen a la circulación de corriente. Tenemos entonces tres tipos de contactos directos:

- I. Contacto directo con dos conductores activos de una línea;
- II. Contacto directo con un conductor activo de una línea y masa o tierra;

III. Contacto directo por descarga disyuntiva.

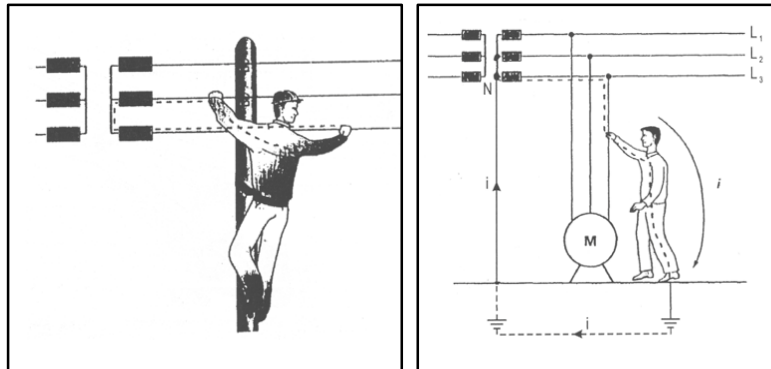


ILUSTRACIÓN 37. IZQUIERDA, CONTACTO DIRECTO CON DOS CONDUCTORES ACTIVOS; DERECHA, CONTACTO CON UN CONDUCTOR ACTIVO DE UNA LÍNEA Y MASA O TIERRA

Contactos indirectos: contacto eléctrico de las personas con masas eléctricas que se han puesto activas o bajo tensión por causa de una falla o defecto. Las corrientes de defecto producidas son debido a una falla en el aislamiento de las máquinas o instalaciones.

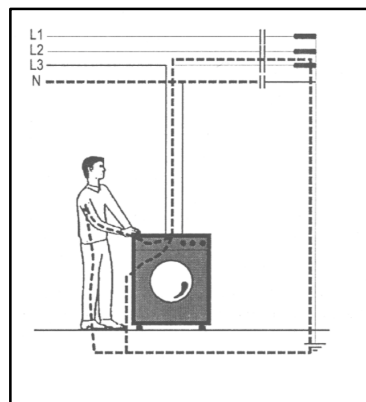


ILUSTRACIÓN 38. FALLA EN LA AISLACIÓN DE UN ELECTRODOMÉSTICO

13.5.1 EFECTOS DE LA CORRIENTE

Los efectos que produce la corriente al circular por el cuerpo están vinculadas no solo a la intensidad de esta, sino también al tiempo de exposición.

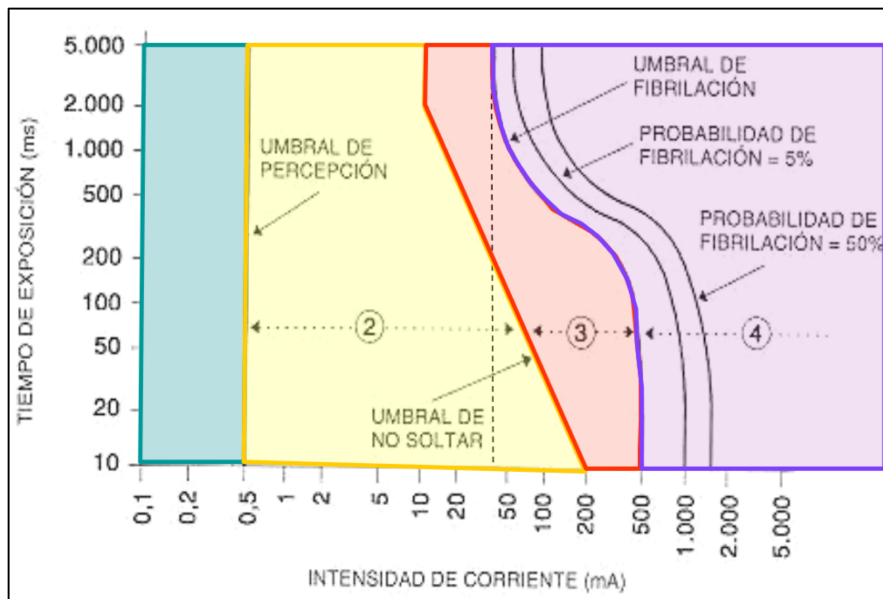


ILUSTRACIÓN 39. EFECTOS SEGÚN TIEMPO DE EXPOSICIÓN

En la Ilustración 39 se pueden identificar cuatro zonas, las cuales se describen a continuación:

- **Zona 1:** El cuerpo no reacciona al paso de la corriente;
- **Zona 2:** No se registran efectos fisiológicos peligrosos;
- **Zona 3:** No hay daños orgánicos. Si $t > 2$ seg e $I < 50$ mA se puede producir paro cardiaco temporal sin llegar a la fibrilación, espasmos musculares dificultan la respiración;
- **Zona 4:** Alto riesgo de paro cardiaco con fibrilación ventricular, paro respiratorio y quemaduras graves.

Además, a diferentes intensidades de corriente eléctrica se observan umbrales que producen determinados efectos. Entre ellos tenemos por ejemplo:

- **Umbral de percepción:** es el menor valor de corriente que provoca en una persona la sensación del paso de la corriente en el caso de la corriente alterna. Para el caso de la corriente continua solo se percibe el paso de la corriente al iniciar y al cesar el paso de la corriente. Por lo general se toma 0,5 mA en CA y 2 mA en CC.
- **Umbral de reacción:** es el menor valor de corriente que provoca al pasar por una persona la contracción involuntaria de los músculos.

- **Umbral de no soltar:** es el máximo valor en mA que permite que una persona que sufre una contracción de los músculos por acción de la circulación de corriente pueda soltar los elementos electrificados con la que está en contacto. Por lo general se adopta el valor de 10 mA en corriente alterna.
- **Umbral de fibrilación:** es el mínimo valor de corriente que provoca la fibrilación ventricular.

13.5.2 PROTECCIONES

Las protecciones adoptadas deben comprender la protección contra contactos directos e indirectos. Los medios se enlistan en la Tabla 8.

Protección contra contactos directos	I. Aislamientos de partes activas II. Interposición de barreras III. Separación o alejamiento de partes activas	
Protección contra contactos indirectos	<p style="text-align: center;">Clase A</p> Evitar el paso de la corriente por el cuerpo. Se busca limitar la corriente de defecto a valores no peligrosos (< 1 mA)	IV. Separación de circuitos V. Uso de tensiones de seguridad VI. Separación de partes activas y masas con doble aislamiento VII. Inaccesibilidad simultanea de conductores y masas VIII. Recubrimiento de masas con aislamiento de protección IX. Conexiones equipotenciales
	<p style="text-align: center;">Clase B</p> Cortar automáticamente o desviar la corriente cuando aparece por defecto	X. Puesta a tierra de las masas XI. Interruptores diferenciales

TABLA 8. TIPOS DE PROTECCIONES

CAPÍTULO III: RELEVAMIENTO

La generación de aire comprimido medicinal se realiza en una sala de máquinas ubicada en subsuelo. La misma se compone de dos compresores que toman el aire atmosférico de la sala para luego comprimirlo. La salida del aire comprimido a elevada presión y temperatura es almacenada en un tanque de reserva, en el cual se disminuye la temperatura propiamente dicha y se evita trasladar las variaciones de presión producidas por el compresor a la red de distribución. Por último, el aire pasa por un secador frigorífico con la finalidad de eliminar el contenido de agua presente en el gas. Si bien aguas abajo de este último existen dos filtros, los mismos no se utilizan dado que cumplieron su ciclo de vida útil.

El aire comprimido generado en la sala de máquinas se distribuye a través de una cañería denominada troncal, para luego bifurcarse y abastecer a cada uno de los servicios que contengan en su panel de gases médicos este gas medicinal.

En este capítulo se presenta el relevamiento realizado en los distintos servicios que hacen uso de aire comprimido medicinal y los equipos por los cuales se requiere la presencia del mismo, como así también el relevamiento de los equipos y componentes que forman parte de la sala propiamente dicha. También se incluye las instalaciones asociadas a la sala, entre ellas la red de distribución e instalación eléctrica.

1. SERVICIOS INVOLUCRADOS AL CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL

El hospital dispone de tres pisos: subsuelo, planta baja y primer piso. En subsuelo se encuentra la sala de esterilización, mantenimiento general, mantenimiento biomédico, informática, nutrición, cocina, morgue, limpieza y farmacia. En planta baja se encuentra diagnóstico por imagen, unidad de terapia intensiva, unidad de terapia intensiva para aislados, shock room, laboratorio, quirófano, consultorios externos, guardia, sala de yeso, sala de camilleros y un sector que es únicamente administrativo (dirección general, habilitación, administración, entre otros). Por último, en primer piso se encuentra internación, que se divide en tres sectores: A, B y C. Particularmente, el sector B si bien fue diseñado como sector de internación está destinado a otros servicios, como gastroenterología, endoscopia, hemoterapia,

anatomía patológica y kinesiología. Estas salas cuentan con paneles de gases médicos pero en el mismo no está incluido aire comprimido.

Si bien esterilización hace uso de aire comprimido, este servicio cuenta con una instalación separada del resto de los servicios.

A continuación se presentan dos planos del hospital con la distribución de los servicios involucrados al consumo de aire comprimido medicinal.



ILUSTRACIÓN 40. SERVICIOS DE PLANTA BAJA INVOLUCRADOS AL CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO

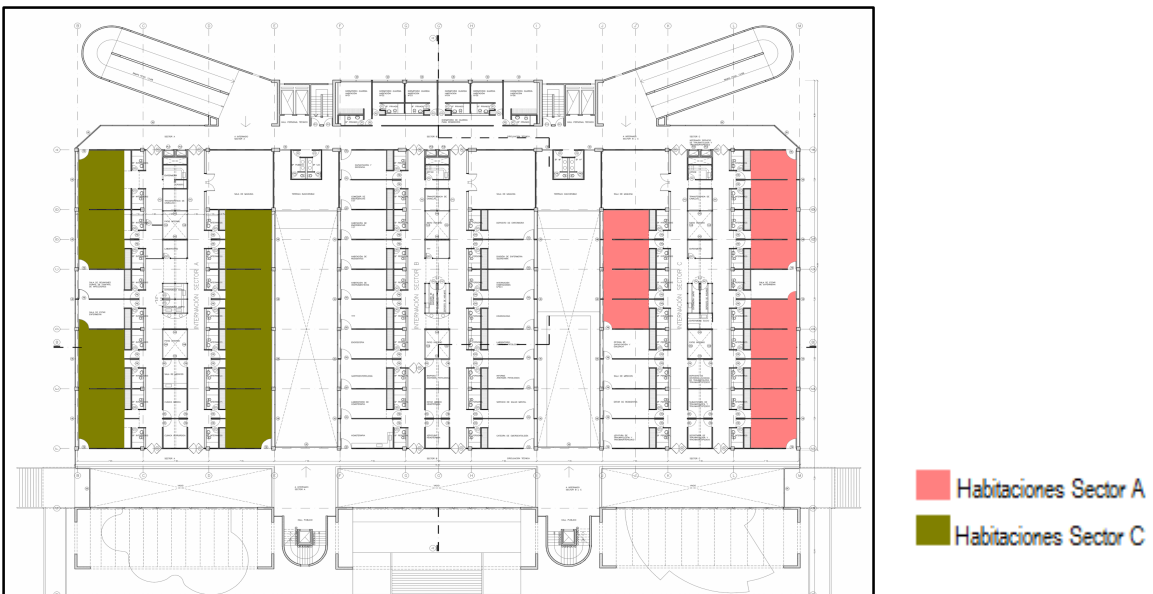


ILUSTRACIÓN 41. SERVICIOS DE PRIMER PISO INVOLUCRADOS AL CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO

1.1 EQUIPOS INVOLUCRADOS EN CADA SERVICIO

Luego de haber reconocido aquellos sectores que hacen uso de aire comprimido medicinal, se hizo un relevamiento de los equipos involucrados en cada sector.

Shock room es el servicio destinado a recibir a aquellos pacientes que llegan al hospital con un cuadro de emergencia que pone en riesgo su vida, motivo por el cual requieren asistencia inmediata para estabilizar su condición de salud y así evitar la muerte. Por lo mencionado, los equipos electromédicos que existen en el sector son: desfibriladores, monitores multiparamétricos, bombas de infusión, respiradores artificiales, entre otros. De todos ellos, el único equipo de soporte de vida que utiliza aire medicinal es el respirador.

Luego de estabilizar al paciente es necesario una monitorización continua de sus signos vitales, es por ello que pasan a la unidad de terapia intensiva o unidad de aislados según la patología de cada paciente. Se encuentran los mismos equipos que en shock room, y al igual que este el único que utiliza aire medicinal es el respirador.

Al ser un hospital que recibe casos de emergencia, muchas veces deben realizarse intervenciones quirúrgicas, la gran mayoría traumatismos provocados por accidentes de automóvil o motocicleta. Para llevar a cabo la intervención, el quirófano se encuentra equipado con mesa de anestesia, monitor multiparamétrico, desfibrilador, equipos varios de traumatología, entre otros. En este caso hay dos equipos que hacen uso de aire comprimido medicinal: la mesas de anestesia y un equipo de traumatología neumático. Este equipo de traumatología no puede ser utilizado con aire medicinal de la red de distribución porque el hospital no es capaz de abastecer el caudal que requiere el mismo para su funcionamiento. Es por ello, que para trabajar con el mismo se utilizan cilindros de aire comprimido medicinal o de nitrógeno.

Cuando el paciente evoluciona de manera favorable y ya no es necesario que la monitorización sea continua pero si se debe tener bajo observación al mismo, el hospital cuenta con los sectores A y C de internación. En estos sectores no se utiliza ningún equipo electromédico que requiera de aire comprimido medicinal. La instalación de este gas medicinal se utiliza en aquellos casos en los cuales se debe realizar alguna reparación o mantenimiento en los otros servicios (excepto quirófano) con lo cual se traslada el servicio al sector A o C; como así también en caso de catástrofe, el hospital cuenta con la posibilidad de aumentar la cantidad de camas especiales (cama de terapia intensiva o de shock room).

Por último, en diagnóstico por imagen no existen equipos de manera permanente que hagan uso de aire comprimido. Está la posibilidad de llevar respiradores a la sala de angiografía o tomografía computarizada cuando el paciente al cual se le realice el estudio así lo requiera.

SERVICIO	EQUIPO	CANTIDAD
Shock Room	Respirador	4
Unidad de Terapia Intensiva para aislados	Respirador	3
Unidad de Terapia Intensiva	Respirador	6
Quirófano	Equipo de limpieza	1
	Mesa de Anestesia	4
Diagnóstico por imagen	Respirador (no se encuentra de manera permanente en el sector)	3
Sector A	-	-
Sector C	-	-

TABLA 9. EQUIPOS INVOLUCRADOS EN CADA SERVICIO Y CANTIDAD DE LOS MISMOS

1.1.1 RESPIRADOR

El hospital cuenta con 19 respiradores modelo Neumovent Graph y Neumovent Graph Net ts, ambos de la marca TECME S.A. De todos ellos, 13 se encuentran distribuidos en unidad de terapia intensiva, unidad de terapia intensiva para aislados y shock room, mientras que los 6 restantes se encuentran en depósito para ser utilizados en caso de alguna emergencia, o cuando se tiene que sacar de funcionamiento a aquellos equipos que hayan superado las 5000 horas de uso para realizarle un mantenimiento preventivo.

Para su correcto funcionamiento, en ambos modelos se deben cumplir con ciertos requerimientos: como mínimo un flujo de gases de 120 L/min y como máximo un flujo de 180 L/min. En cuanto a la presión de los gases utilizados, no es necesario que sea la misma para cada uno ellos, en este caso el equipo realiza los ajustes adecuados.

Estos equipos tienen la capacidad de funcionar únicamente con oxígeno por un periodo de tiempo indefinido. Además, cada uno de los respiradores tiene una batería que provee una autonomía de aproximadamente dos horas.

1.1.2 MESA DE ANESTESIA

El hospital cuenta con 4 mesas de anestesia y únicamente se utilizan en quirófano. Las mismas son modelo Prestige 2000, marca ADOX S.A -Critical Care.

Este equipo de administración de gases médicos se puede estudiar en dos partes, por un lado el panel de gases frescos y por otro lado la ventilación, que puede ser mecánica o automática. En el panel de gases frescos existen cinco flujómetros, uno de los cuales corresponde a aire medicinal. En el mismo se regula la cantidad de aire que demandará de la red, que tiene como límite máximo 15 L/min.

Además, el equipo tiene otra toma de aire denominada "salida auxiliar" que se utiliza para la expansión y compresión del fuelle utilizado para la ventilación. El recinto que contiene el fuelle, como máximo puede ser llenado con 1600 ml de este gas. Luego, el ingreso de aire a este último será proporcional a la cantidad de mezcla anestésica contenida en el fuelle que se quiera suministrar al paciente.

La presión de trabajo de este equipo es de 3,4 bares, la cual puede variar en $\pm 10\%$.

Al igual que los respiradores, en caso de existir un problema en el suministro de aire comprimido medicinal, el equipo puede seguir funcionando con oxígeno, dado que este último es el que se utiliza como portador de los gases anestésicos.

En caso de existir un problema con el suministro de energía eléctrica, cuentan con una batería que le permite tener una autonomía de tres horas

1.1.3 EQUIPO DE LIMPIEZA

Después de cada cirugía, el material utilizado es sometido a un proceso de lavado y secado dentro del office sucio del quirófano para posteriormente ser llevado a la central de esterilización. Para realizar dicho secado, se utiliza una manguera con una pistola en su final, que al ser gatillada expande el aire comprimido contenido en ella.

1.1.4 EQUIPO DE TRAUMATOLOGIA

Para realizar intervenciones quirúrgicas de traumatología el hospital cuenta con un equipo neumático marca SODEM POWER SYSTEM. Este equipo tiene varias funciones, entre ellas sierra neumática y perforadora. El mismo para su utilización requiere de un caudal de 400 litros por minuto, ya sea de nitrógeno o de aire comprimido medicinal y una presión de 6 a 8 bares.

Según lo consultado a profesionales que hacen uso del mismo, este equipo no se utiliza más de dos veces por mes y en caso de tener que trabajar con el mismo se utilizan cilindros de nitrógeno o de aire medicinal dado que la red de distribución de este último no es capaz de abastecer el consumo requerido por el equipo.

2. SALA DE MÁQUINAS DE AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL

2.1 UBICACIÓN

La sala de máquinas de aire comprimido se encuentra en el subsuelo del hospital, al lado de la sala de vacío y de la zona de estacionamiento, tanto de motocicletas como automóviles. A la misma se puede acceder desde el exterior por la zona de estacionamiento, o desde el interior, por subsuelo.

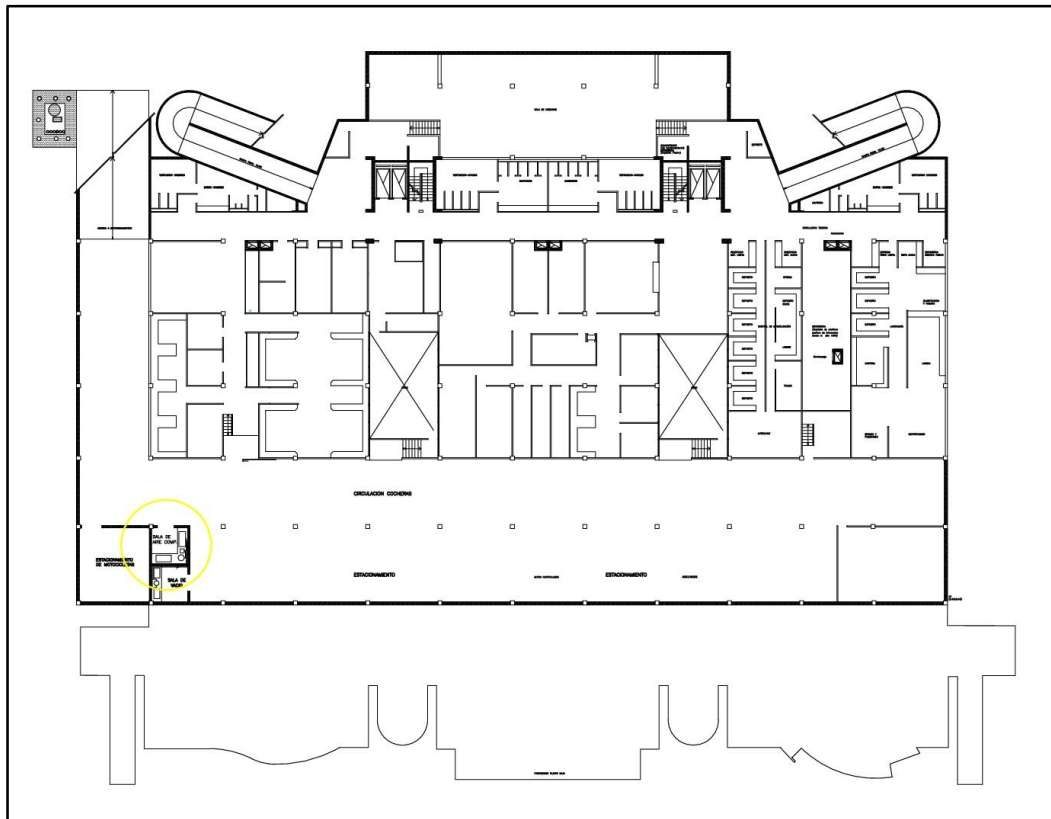


ILUSTRACIÓN 42. UBICACIÓN EN SUBSUELO DE LA SALA DE MÁQUINAS DE AIRE COMPRIMIDO

2.2 ASPECTOS EDILICIOS

A nivel edilicio, la sala de máquinas está construida con paredes de mampostería de ladrillo hueco, con dimensiones de 3.4 m de ancho, 3.6 m de largo y 3 m de alto. Una de las paredes (la que se encuentra frente a la puerta) está recubierta por mosaicos cerámicos abarcando una pequeña parte de las paredes laterales a la misma. El resto de las paredes se encuentran únicamente pintadas. En cuanto al suelo, no contiene baldosas, la terminación es de cemento.

Dentro de la sala se encuentra una elevación de hormigón con forma de “L” sobre la cual descansan los respectivos compresores con la siguiente disposición:

2.3 CONDICIONES AMBIENTALES

Como se mencionó anteriormente, la sala de máquinas se encuentra en subsuelo adyacente a la zona de estacionamiento y muy próxima a la salida al exterior del hospital. El cerramiento de la sala no se encuentra en condiciones, con lo cual parte del aire que se utiliza proviene de dichas zonas. A su vez, en una de las paredes existe un agujero que genera una comunicación entre la sala de aire comprimido y la de vacío (ver Ilustración 46). Además, por lo mencionado y por no contar con una limpieza mínima, la sala se encuentra descuidada.

Existen elementos a su vez, como un conducto de ventilación central que está fuera de uso, que proporciona a la sala un lugar donde acumular polvo y tierra por encima del mismo, y por su localización, en caso de querer mantener limpia la estructura, es poco accesible.

Debido a la suma de todos estos factores el aire que se utiliza no es el ideal. Se presentan a continuación algunas imágenes para poder visualizar las condiciones de la misma.



ILUSTRACIÓN 45. SUCIEDAD EN LA ETIQUETA DEL COMPRESOR Y EN LAS PAREDES PRÓXIMAS AL COMPRESOR



ILUSTRACIÓN 46. COMUNICACIÓN ENTRE LA SALA DE AIRE COMPRIMIDO Y LA SALA DE VACÍO

2.4 EQUIPAMIENTO

La sala está compuesta principalmente por dos compresores a los cuales se le asocia diversos accesorios y tuberías para guiar el recorrido del aire comprimido. A continuación se presentan cada uno de ellos.

2.4.1 FILTRO DE AIRE

El aire atmosférico antes de ingresar a los compresores pasa por un filtro de aire que se encuentra localizado por encima de los compresores. El filtro se une al respectivo compresor por medio de una tubuladura flexible para evitar que el movimiento de vibración que realice el compresor rompa la unión entre los mismos.

Existen dos filtros en la sala, uno por unidad compresora.



ILUSTRACIÓN 47. CONEXIÓN DEL FILTRO DE AIRE AL COMPRESOR

2.4.2 COMPRESORES

Una vez que el aire fue filtrado, ingresa a los compresores marca TAUSEM S.A. En la actualidad existen dos equipos de 10HP con un desplazamiento de 1300 litros/min. Uno de ellos se encuentra en funcionamiento durante las 24 horas del día, mientras que el otro es un equipo que se tiene como reserva en caso de que el equipo que está funcionando sufra una baja o se deba realizar algún mantenimiento en él.

El compresor que se encuentra fuera de funcionamiento es al cual se le realizó el último mantenimiento hace aproximadamente 3 o 4 años.

Los compresores son de tipo abierto, dado que el motor y el sistema de compresión se encuentran separados físicamente pero acoplados entre sí mediante un sistema de transmisión. En cuanto a la parte de compresión, la misma es de tipo pistón alternativo oscilante pendular.

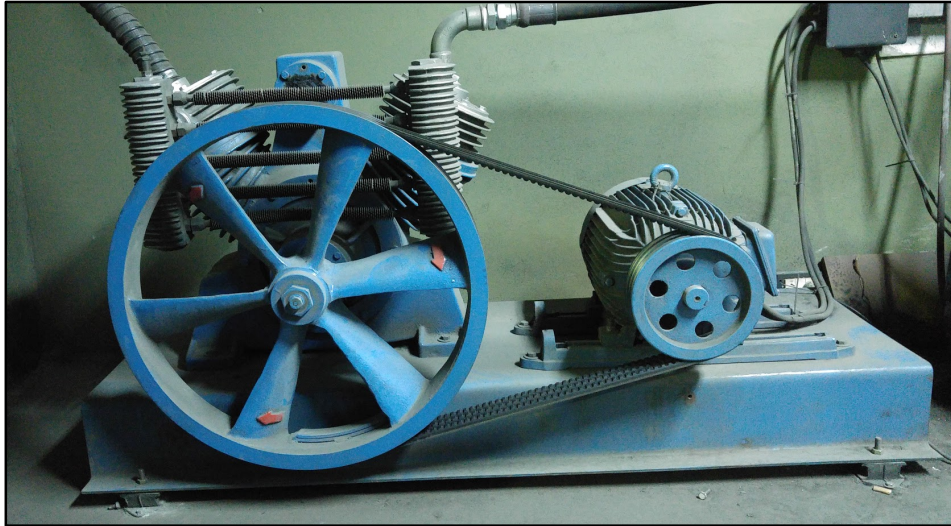


ILUSTRACIÓN 48. COMPRESOR EN FUNCIONAMIENTO

2.4.3 TANQUE DE RESERVA

El aire comprimido que se genera en cada uno de los compresores es almacenado en un único tanque o pulmón de reserva, que cuenta con una capacidad de 500 litros. Al igual que los compresores, el tanque de reserva es de la marca TAUSEM S.A modelo CPSP 310 AV1.

Adosado al tanque se observan distintos accesorios: en la base existe una válvula de drenaje para retirar el agua que pueda ingresar al mismo, en la parte superior un manómetro que indica la presión dentro del tanque y una válvula de seguridad que va a actuar en caso de que la presión dentro del mismo supere los límites (no se pudo determinar este valor pero se supone que es mayor a 6 bar dado que esta última es la presión nominal de trabajo de la red) y por último, sobre su superficie una extensión que permite conectar otro compresor a él.



ILUSTRACIÓN 49. TANQUE DE RESERVA Y VÁLVULA DE DRENAJE MANUAL

2.4.4 SECADOR FRIGORÍFICO

El aire almacenado en el tanque de reserva pasa luego por un secador frigorífico marca KAESER. El mismo se encuentra en funcionamiento, y tiene como finalidad eliminar la humedad contenida en el aire comprimido. A la salida del mismo se encuentra un regulador de temperatura.



ILUSTRACIÓN 50. SECADOR FRIGORÍFICO

2.4.5 ELECTROVÁLVULA DE ALIVIO

Entre el compresor y el tanque de reserva se interpone una electroválvula de alivio solenoide de dos vías marca JEFFERSOR modelo 1335. La misma se encuentra conectada con

el sistema de control eléctrico y su apertura o cierre depende del cambio de estrella a triángulo del sistema de alimentación eléctrica.



ILUSTRACIÓN 51. VÁLVULA DE ALIVIO

2.4.6 PRESOSTATO

Conectado al tanque de reserva se encuentra un presostato DANFOSS modelo KP 35. El mismo tiene configurado los valores máximos y mínimos de presión que darán comienzo o fin del ciclo de compresión. Cuando el tanque alcance un valor de presión de 4 bares se comienza con el ciclo de compresión por parte de los compresores, que finalizará al alcanzar un valor de presión de 6 bares.



ILUSTRACIÓN 52. PRESOSTATO

2.4.7 VÁLVULA DE RETENCIÓN

Existen dos válvulas de retención, también llamadas diodos neumáticos, a lo largo de la conexión entre cada uno de los compresores con el tanque de reserva. Las mismas permiten que la dirección del flujo de aire comprimido se realice en un único sentido, en este caso en la dirección compresor-tanque.

No se pudo visualizar la marca de los mismos.



ILUSTRACIÓN 53. VÁLVULA DE RETENCIÓN

2.4.8 FILTROS

En la instalación se observaron dos filtros: uno de ellos es un filtro coalescente mientras que el otro no pudo ser determinado. Ambos se encuentran fuera del circuito de generación de aire comprimido por que el estado de los mismos produce un aumento de presión dentro del sistema dado que la suciedad que ellos contienen produce un impedimento al paso del aire comprimido generado.

Se cree, según lo que se averiguo en el hospital, que no se realiza el cambio de los mismos hace aproximadamente 10 años.



ILUSTRACIÓN 54. UBICACIÓN DE LOS FILTROS DENTRO DE LA SALA

2.4.9 VÁLVULA DE CORTE MANUAL

Existen 8 válvulas de corte manual a lo largo de toda la instalación con la función de bloquear el paso del aire a los distintos equipos o accesorios existentes en la sala de aire comprimido.

Algunas de ellas forman parte del cuadro de maniobra perteneciente a los filtros, permitiendo la utilización o no de los mismos; otras se ubican a la entrada y a la salida del secador frigorífico: en el primer caso se ubican entre éste y el tanque de reserva, y en el segundo caso se ubican entre éste y los filtros. El resto de las válvulas se ubican aguas abajo de todos los elementos mencionados para impedir o permitir el paso del aire medicinal generado a la red de distribución.



ILUSTRACIÓN 55. VÁLVULA DE CORTE

3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El relevamiento de la instalación eléctrica se divide en dos partes: primero tablero principal y luego seccional. El tablero principal se encuentra conectado a la red de distribución eléctrica de EPEC como así también al grupo electrógeno de emergencia. Este último provee de energía eléctrica a los servicios que se consideran críticos dentro del hospital siendo uno de ellos la sala de aire comprimido, cumpliendo así con lo dispuesto por la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) en su reglamentación AEA 90364 parte 7 sección 710: "Locales para usos médicos y salas externas a los mismos".

Esto está comandado por el tablero de conmutación, el cual al detectar una falla en el sistema de distribución eléctrica da arranque al grupo electrógeno. El tiempo de conmutación entre los sistema de provisión es aproximadamente 16 segundos.



ILUSTRACIÓN 56. TABLERO DE CONMUTACIÓN

El grupo electrógeno es de la firma Caterpillar, modelo SR4. Este equipo puede suministrar una potencia de hasta 255 KW.



ILUSTRACIÓN 57. GRUPO ELECTRÓGENO

Dentro del tablero principal se cuenta con una llave electromagnética de 50 A destinada a energizar los tableros seccionales de las salas de producción de aire comprimido y vacío.



ILUSTRACIÓN 58. TABLERO PRINCIPAL. EN ROJO SE SEÑALA LA LLAVE TERMOMAGNÉTICA CORRESPONDIENTE A LA SALA DE AIRE COMPRIMIDO Y DE VACÍO.

Una vez realizada la primera parte del relevamiento el siguiente paso fue inspeccionar el tablero seccional propio de la sala de aire comprimido. Se observó que el mismo posee ciertos componentes que se encuentran desconectados. Esto es debido a que la instalación fue realizada en un primer momento para que la selección del compresor se haga de manera automática (controlado por un temporizador) pero en la actualidad la elección del mismo se realiza de manera manual.

Se pudo determinar por la forma en la cual se encuentran conectados sus componentes, que el arranque adoptado es el estrella – triángulo. Mediante el uso de un amperímetro, se midieron picos de corriente de hasta 24 A cuando se realiza la conmutación de estrella a triángulo, para luego alcanzar valores en un rango entre 11 A y 12,5 A.

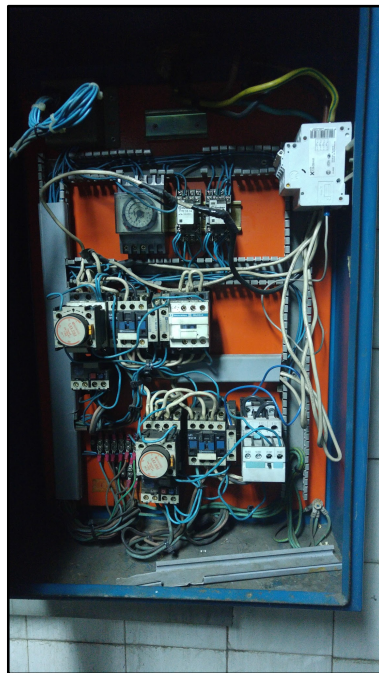


ILUSTRACIÓN 59. TABLERO SECCIONAL DE SALA DE AIRE COMPRIMIDO

3.1 COMPONENTES DEL TABLERO SECCIONAL

A continuación se detallan los componentes que están actualmente conectados:

- Contactor para conexión en estrella
- Contactor para conexión en triángulo
- Timer para conmutación estrella-triángulo
- Relé de sobreintensidad
- Contactores auxiliares
- Multiplexor manual para compresores

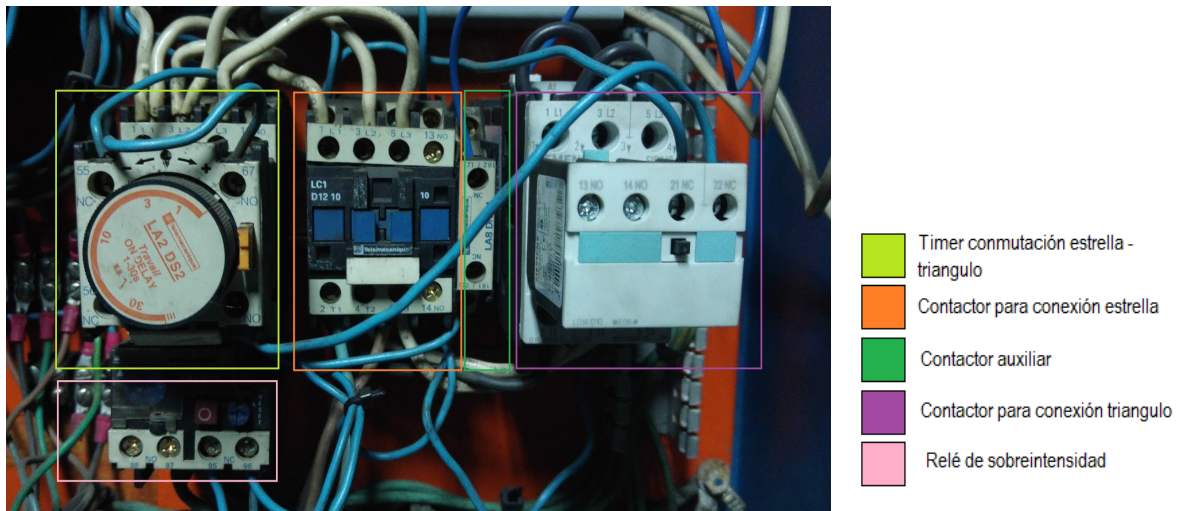


ILUSTRACIÓN 60. COMPONENTES EN FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO SECCIONAL

3.1.1 CONTACTOR PARA CONEXIÓN EN ESTRELLA

Se cuenta con dos contactores de la firma Telemecanique modelo LC1- D12 que conectan las fases en forma estrella. A su vez se encuentran conectados al timer y a los contactores provenientes del presostato que le dan una señal de mando para dar arranque a los motores.

3.1.2 CONTACTOR PARA CONEXIÓN EN TRIÁNGULO

Se cuenta con dos contactores para realizar la conexión en triángulo, uno de ellos es de la firma Siemens de la serie SIRIUS y el otro es Telemecanique. Los mismos tienen la función de disminuir la cantidad de corriente que circula por los motores una vez alcanzado el régimen.

3.1.3 TIMER PARA CONMUTACIÓN ESTRELLA-TRIÁNGULO

El timer que se encuentra conectado actualmente es de la firma Telemecanique y el modelo es LA2-DS2. El mismo permite tener un control automático en el arranque de los motores y si bien permite seleccionar valores de 1 a 30 segundos, el mismo está configurado para que la conmutación estrella- triángulo se realice a los 3 segundos.

3.1.4 RELÉ DE SOBREINTENSIDAD

Como mecanismo de protección encontramos dos relés de sobreintensidad de la firma Telemecanique modelo LR2 - D13. Estas protecciones son acorde a la corriente con la cual trabajan los motores de 10 HP que posee la sala.

3.1.5 CONTACTORES AUXILIARES

Estos contactores están conectados a la señal de arranque (contactores del presostato), señal de conmutación por parte del timer y válvulas solenoides de alivio de presión. Los mismos al ser comandados por las señales antes mencionadas permiten la apertura y cierre de las válvulas de alivio de presión evitando así sobrecargas a los motores.

3.1.6 MULTIPLEXOR MANUAL PARA COMPRESORES

El multiplexado actualmente se encuentra desconectado del sistema para evitar que por error se seleccione el compresor que está fuera de servicio

Dentro de los componentes que no están conectados se encuentra un temporizador que se presume que estaba pensado para realizar una conmutación automática entre los dos equipos compresores luego de un determinado periodo seteado manualmente. Además se observaron dos relés que se cree que sirven para poder energizar cada circuito de los compresores por separado. Estos últimos son de la firma Finder modelo 54.34.

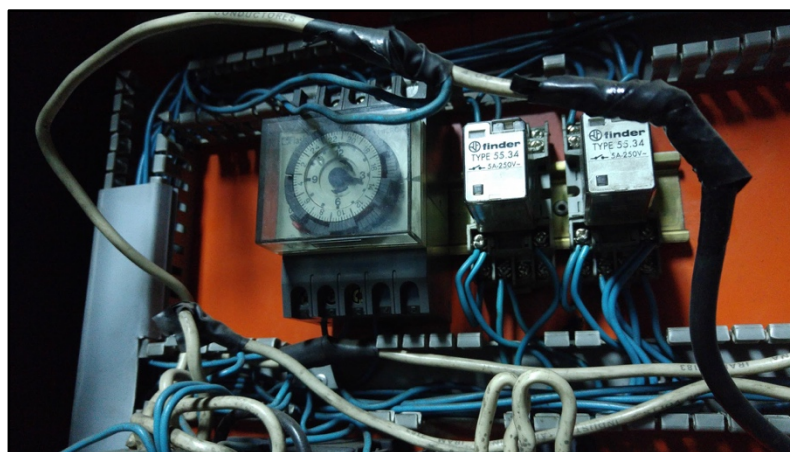


ILUSTRACIÓN 61. CIRCUITO PARA CONMUTACIÓN AUTOMÁTICA DE COMPRESORES

4. INSTALACIÓN DE GASES

La sala de máquinas de aire comprimido se encuentra en subsuelo, y a partir de ella se hacen las derivaciones correspondientes para la distribución a los servicios mencionados. De la misma se bifurcan dos redes, la más extensa pertenece a la instalación inicial con la cual se comenzó a trabajar en la sala de máquinas, y la otra fue producto de una reforma que se hizo en el año 2008. Una de las redes de distribución (la más antigua) tiene dos subidas desde subsuelo, la primera se encuentra próxima a la sala (ver Anexo 2) y distribuye el gas medicinal hacia planta baja (quirófano, terapia intensiva, cuidados intensivos, angiografía y tomografía) y sector A de primer piso; la otra bifurcación se encuentra en el extremo final de la red, y únicamente distribuye a sector C de primer piso. En cuanto a la red de distribución más reciente, la misma abastece a los servicios faltantes de planta baja: guardia y shock room.

Ambas redes de distribución son de material de cobre tipo K, siguiendo con lo sugerido por la norma IRAM-ISO 7396-1.

Una vez concluido el relevamiento en subsuelo, se examinó la distribución en los pisos subsiguientes. En cada uno de los servicios se analizó el diámetro de la cañería, el cual no era el mismo para cada uno de ellos (ver Anexo 2). A su vez, en los lugares que se tuvo acceso y en los cuales se modifica el diámetro, no se observaron válvulas de reducción de presión. En cuanto a los acoples, los que se pudieron observar eran una continuidad de la cañería, soldado uno con otros, es decir, no se presentaba ningún accesorio a la misma (ver Ilustración 62).

Otras de las observaciones que se pudieron hacer durante el relevamiento, es que las cañerías no cumplen con lo dispuesto por la norma ISO 5359. Si bien cada una de las cañerías cuenta con una señalización para la distinción de las mismas, no es adecuado el color ni la forma (ver Ilustración 62).



ILUSTRACIÓN 62. SEÑALIZACIÓN ERRÓNEA DE LAS CAÑERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

A lo largo de la red de distribución se observaron válvulas de corte. Comenzando con la red más antigua, la primera bifurcación cuenta con una válvula de corte en quirófano, es decir, si la misma es cerrada, se deja de abastecer quirófano, terapia intensiva (general y de aislados) y diagnóstico por imagen. Además de esta, existen otras cinco válvulas de corte en quirófano. La red de distribución en los quirófanos adquiere forma de herradura, y en la misma existen cuatro válvulas de corte (una para cada quirófano). La última válvula de corte se encuentra en la sala de recuperación. En cuanto a terapia intensiva, existen dos válvulas de corte, una se encuentra en la terapia general, y la otra en terapia para aislados. En caso de accionar la primera, se bloquea el suministro de las 6 camas con las que se cuenta en el sector general, y en caso de accionar la última, se bloquea el suministro para las tres camas aisladas. Para el caso de diagnóstico por imagen, existen dos válvulas: una válvula de corte principal que bloquea el suministro tanto para la sala de tomografía computarizada como para angiografía, y otra aguas abajo de esta, que bloquea el suministro de las dos salas de tomografía. En base a esto último, no se puede realizar el bloqueo únicamente en angiografía: si se quiere bloquear este sector se debe involucrar el servicio de tomografía computarizada. En la primera bifurcación, la que se realiza en quirófano, una de las ramas sigue el recorrido vertical hasta llegar a Sector A. En este sector el ramal troncal se bifurca hacia los costados siguiendo una distribución en “peine”.

La otra bifurcación de esta red de distribución que inicia en subsuelo y únicamente va dirigida hacia Sector C, imita a modo de espejo la distribución realizada en Sector A (Ver anexo 2, plano correspondiente a primer piso).

La red de distribución más nueva que abastece shock room y guardia cuenta con dos válvulas de corte, cada una de ellas bloquea uno de estos dos servicios.

Las válvulas de corte dispuestas a lo largo de ambas red de distribución no cumplen con lo establecido por la norma IRAM-ISO 7396-1. En ninguna de ellas se especifica a qué sector corresponden (Ver Ilustración 62).

Finalmente, la toma de aire comprimido en cada sector o servicio se hace a través de paneles gases médicos los cuales cumplen con lo establecido por la norma ISO 9170-1 “Unidades terminales para gases medicinales comprimidos y de vacío”. En la Tabla 10 se presenta la cantidad de puestos de consumo por servicio.

SERVICIO		CANTIDAD DE BOCAS
Unidad de Terapia Intensiva (UTI)		6
Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)		3
Diagnóstico por Imágenes	Tomografía Axial Computarizada (TAC)	2
	Angiografía	2
Shock Room		4
Quirófano		20
Guardia		3
Sala de Yeso		1
Internación	Sector A	38
	Sector C	38
Sala de camilleros		1
CANTIDAD DE BOCAS		106

TABLA 10. CANTIDAD DE PUESTOS DE CONSUMO POR SERVICIO

Por otro lado, se evaluó si la cantidad de bocas existentes en las camas habilitadas en cada uno de los servicios que utilizan aire medicinal se corresponde con la reglamentación nacional. Las reglamentaciones consultadas fueron dos: la “Grilla de Habilitación Categorizante” establecidas por el “Programa Nacional de Garantía de Calidad de la Atención Medica” del Ministerio de Salud de la Nación y la Resolución 15/09 del Ministerio de Salud de la Provincia de Córdoba. Dentro de los requisitos enlistados en cada una de ellas se hace mención, únicamente, de la cantidad de bocas de cada uno de los gases medicinales en terapia intensiva. Ambas legislaciones convergen en el criterio de contar con un puesto de consumo de aire comprimido por cada panel de gas medicinal en terapia intensiva. Concluyendo así, y según lo relevado, que el hospital cumple con la cantidad de bocas por servicio reglamentadas y necesarias para su correcto funcionamiento.

4.1 CILINDRO DE AIRE COMPRIMIDO

Como mencionamos existen distintos servicios y áreas que utilizan aire comprimido medicinal. De todas ellas, según el relevamiento realizado, el único que cuenta con cilindros de aire medicinal es quirófano. Los mismos son de la marca Air Liquide y tienen una capacidad de 50 y 40 litros respectivamente.

Se cuenta con uno de igual capacidad como reserva en el servicio de Mantenimiento General.



ILUSTRACIÓN 63. CILINDROS DE AIRE MEDICINAL EN QUIRÓFANO

5. SEGURIDAD E HIGIENE

En lo que respecta a seguridad e higiene, según lo que se pudo observar en la sala y dada las condiciones de la misma, se identificaron cuatro tipos de riesgos que serán explicados a continuación.

5.1 RIESGO MECÁNICO

El riesgo mecánico se asocia a los compresores que se encuentran en la sala de máquina dado que durante el relevamiento, se observó que uno de ellos no cuenta con el resguardo fijo sobre las poleas para evitar el acceso a las mismas, como así también para evitar la proyección de éstas en caso de que se corten y por la velocidad que alcanzan impacten sobre algún operario. Se mencionó que uno de los equipos es el que se encuentra en funcionamiento las 24 horas del día, y es éste el compresor que no cuenta con el medio de protección, mientras que si lo hace el equipo que no está en funcionamiento sino que se tiene como reserva.

La conmutación entre un compresor y otro se encuentra en el tablero eléctrico, con lo cual el accionamiento del mismo no requiere de un operario trabajando sobre la máquina.

En base a ello, y dado que la sala no cuenta con bancos de cilindro o baterías de cilindros, el riesgo asociado es de: *abrasión/fricción y/o proyección*.

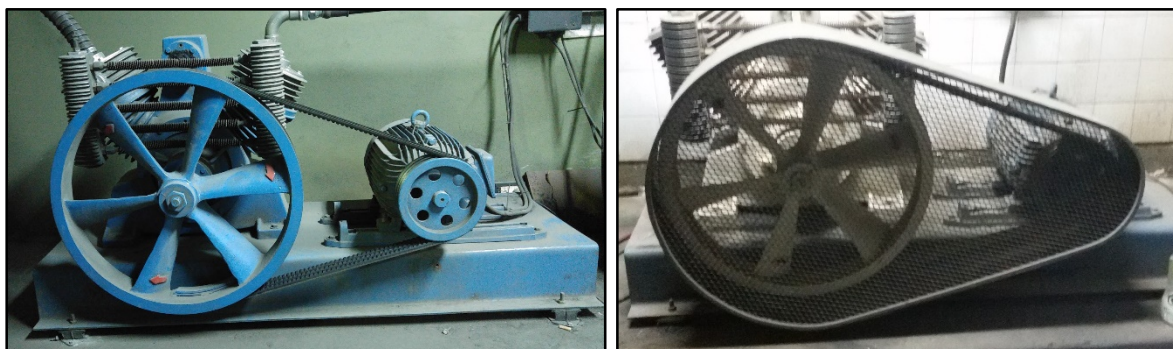


ILUSTRACIÓN 64. COMPRESOR EN FUNCIONAMIENTO SIN RESGUARDO FIJO Y COMPRESOR FUERA DE FUNCIONAMIENTO CON RESGUARDO FIJO

5.2 RIESGO DE INCENDIO

El riesgo de incendio se asocia no solo a los equipos contenidos dentro de la sala de máquinas sino con el lugar físico del cual forman parte y las zonas adyacentes a la misma. Como se mencionó antes se encuentra en subsuelo y próxima a la zona de estacionamiento de

automóviles y de motocicletas. Mucho de estos automóviles por su parte cuentan con un equipo de GNC.

Fuera de la sala, a menos de 20 metros del ingreso a la misma, se disponen dos tipos de matafuego: uno de polvo químico ABC que se encuentra en una caja con candado y desprovisto de un martillo para poder retirar el mismo, y uno de dióxido de carbono-BC que no está contenido en ninguna caja pero si dispuesto sobre la pared. En la Tabla 11 se especifica la eficiencia de cada uno de ellos dependiendo del combustible que ocasionó el incendio o la fuente de inflamación.

Además, en la zona de estacionamiento, cerca de la sala de máquinas de vacío existe un gabinete o nicho que contiene una manguera hidrante contra incendio.

Clases de Fuegos	Tipo de Matafuego	
	Polvo ABC	Dióxido de Carbono- BC
Sólidos (madera, papel, cartón, tela, etc.)	Muy eficiente	Poco eficiente
Líquidos inflamables (nafta, aceite, pinturas, kerosene, hidrocarburos, etc.)	Muy eficiente	Muy eficiente
Energía eléctrica	Eficiente	Muy eficiente

TABLA 11. EFICIENCIA DE LOS MATAFUEGOS SEGÚN EL TIPO DE FUEGO

Según ENERGAS se debe contar con un extintor de polvo triclase de base potásica, pero no se encontró un matafuego de estas características en la sala como así tampoco en las inmediaciones de la misma.

5.3 RIESGO ELÉCTRICO

Se considera el riesgo eléctrico dentro de la sala por las condiciones en la cual se encuentra el tablero seccional dentro de la misma. El tablero eléctrico cuenta con la posibilidad de que sea cerrado con una llave para impedir el acceso por personal no autorizado pero el mismo no se cierra, existiendo la posibilidad de que accidentalmente alguien tome contacto con los componentes bajo tensión.

Sobre la puerta del tablero eléctrico existe la llave para seleccionar el compresor que entra en funcionamiento. Si bien en la misma existe un cartel que indica la existencia del riesgo, se recomienda que se tomen medidas de seguridad sobre el mismo dado que el personal que esté a cargo de la sala debe trabajar sobre el tablero.

A su vez, la sala no cuenta con los cerramientos como así tampoco con la señalización adecuada, como por ejemplo de "Ingreso de personal autorizado". Con lo cual cualquier persona externa al servicio, no solo el personal capacitado, puede ingresar y quedar expuestos a un riesgo eléctrico.



ILUSTRACIÓN 65. TAPA FRONTAL DEL TABLERO SECCIONAL

5.4 RIESGO ASOCIADO AL RUIDO EN EL AMBIENTE LABORAL

La medición de ruido dentro de la sala de máquinas se realizó en base al protocolo de medición en el ambiente laboral proporcionado por la Superintendencia de Riesgo de Trabajo (SRT).

El mismo expone dos tipos de mediciones, de los cuales se utiliza la medición del nivel sonoro continuo equivalente (LAeq en dBA).

El protocolo utilizado no define los lugares como así tampoco la cantidad de mediciones que se deben llevar a cabo. En nuestro caso, se optó por realizar una única medición dentro de la sala de máquinas por el reducido espacio libre con el que se dispone, y la idea era realizar varias mediciones en las inmediaciones de la misma pero en la primer medición se observó que no se supera los límites propuestos por la legislación vigente, con lo cual en este caso también se realizó una sola medición.

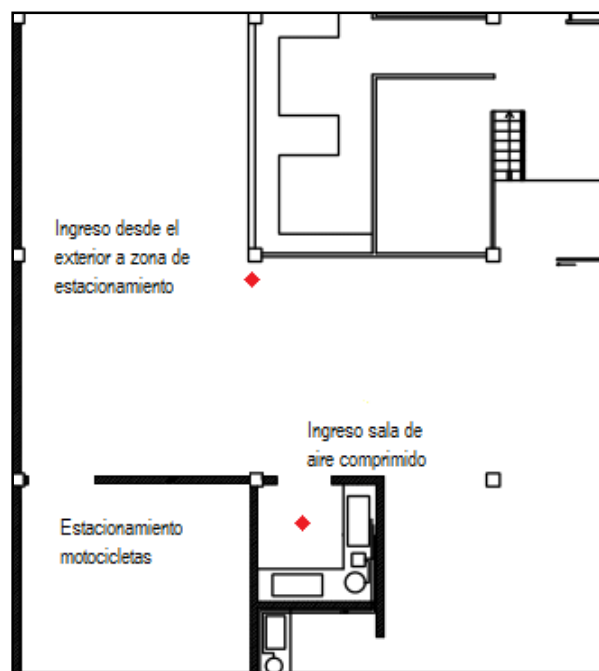


ILUSTRACIÓN 66. EN ROJO SE INDICAN LOS LUGARES EN LOS CUALES SE REALIZÓ LA MEDICIÓN DE RUIDO.

La sala de máquinas de vacío se encuentra adyacente a la sala de aire comprimido medicinal, con lo cual la mayoría de las mediciones realizadas tienen como ruido de fondo el ruido proporcionado por los compresores de vacío, y es por ello, que en la mayoría de las medidas tomadas se detalla si los compresores de vacío se encuentran o no en funcionamiento. A diferencia de la sala de vacío, en el cual los compresores se encuentran un minuto encendidos y un minuto apagados, los compresores de la sala de aire funcionan durante aproximadamente 3 minutos y se apagan por aproximadamente 38 minutos.

Los datos del decibelímetro utilizado y los valores arrojados por el mismo durante la medición se presentan en el Anexo 3. Los mismos serán analizados en base a lo expuesto en el apartado “11.3 Análisis de datos obtenidos y pasos a seguir” del marco teórico en el cual se hace referencia al decreto 351/79 que establece que ningún trabajador debe estar expuesto a una dosis de nivel sonoro continuo equivalente superior a 85 dBA. También se analizará el tiempo máximo que puede estar en esta situación el trabajador, que se encuentra en la Tabla 6: “Valores límite para el ruido utilizando un sonómetro con filtro de ponderación frecuencial A y respuesta lenta”.

Cuando se realizó la medición en el interior de la sala, el compresor estuvo en funcionamiento durante 2,45 minutos, alcanzando un valor máximo de LAeq de 90,3 dBA. Pasado este tiempo, el compresor se apagó durante 37,58 minutos, alcanzando un valor máximo de LAeq de 74,1 dBA.

MEDICIÓN EN EL INTERIOR	
T _{encendido} [min]	2,45
T _{apagado} [min]	37,58
LAeq _{encendido} [dBA]	90,3
LAeq _{apagado} [dBA]	74,1

TABLA 12. MEDICIÓN EN EL INTERIOR DE LA SALA DE AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL

Si se considera una jornada laboral de 8 horas y sabiendo que el ciclo completo del compresor tiene una duración de 40,03 minutos, el mismo se produce 12 veces durante la jornada laboral. Si observamos la Tabla 12, existen dos periodos durante el ciclo con sus correspondientes LAeq: cuando el compresor se encuentra encendido y cuando se encuentra apagado. Si suponemos la peor condición que es tener los 90,3 dBA durante los 2,45 minutos del ciclo, 12 veces durante la jornada laboral, esto da un tiempo de exposición de 29,37 minutos que denominaremos *tiempo de exposición a un determinado LAeq (C1)*. Si suponemos lo mismo cuando el compresor está apagado el *tiempo de exposición a un determinado LAeq(C2)* será de 450.96 minutos. Según la Tabla 6: “Valores límite para el ruido utilizando un sonómetro con filtro de ponderación frecuencial A y respuesta lenta” que se encuentra en el Capítulo II, se puede trabajar con un LAeq de 91 dBA durante 120 minutos, que denominaremos *tiempo máximo de exposición permitido para el LAeq (T1)*,

y con un LAeq de 80 dBA durante 1440 minutos que denominaremos *tiempo máximo de exposición permitido para el LAeq(T2)*. Con estos valores se determina la dosis, que está dada por:

$$L = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2}$$

Resultando un valor de 0,80; el cual que al ser menor que 1 indica que no se deben tomar medidas de precaución referente a ruido en el lugar.

Además, se realizó la medición de los picos de nivel sonoro mediante la utilización del filtro C, respuesta “fast” en el cual se visualizó que se alcanzan valores de hasta 120,7 dB que al no superar los 140 dB establecidos por la ley, reafirma la no consideración de medios de protección acústica.

Cuando se realizó la medición en el exterior de la sala, se determinó que el ruido generado por los compresores durante su funcionamiento no superan los 85 dBA, con lo cual, no se realizó la medición del nivel sonoro continuo equivalente cuando los mismos estaban fuera de funcionamiento.

MEDICIÓN EN EL EXTERIOR	
T _{encendido} [min]	2,38
LAeq _{encendido} [dBA]	71,4

TABLA 13. MEDICIÓN EN EL EXTERIOR DE LA SALA DE AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL

CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE CONSUMO Y CÁLCULO DE RED DE DISTRIBUCIÓN

1. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DEL HOSPITAL

Para determinar el consumo de aire comprimido medicinal dentro del Hospital Municipal de Urgencias se realizó el relevamiento de la cantidad de puestos de consumo en cada uno de los servicios involucrados al uso del mismo. Se relevaron 106 puestos de consumo tanto en planta baja como en primer piso. Si bien se conocen los equipos involucrados en las distintas áreas, es muy difícil determinar el consumo de cada uno de ellos, dado que varía de un paciente a otro. Debido a esto, se hace uso de tablas proporcionadas por “SIMI Bioingeniería, Instalaciones y equipos de gases medicinales, UNER” y por “Linde Gas Therapeutics” para poder realizar dicho cálculo.

La Tabla 14 expone el caudal en litros/min en cada servicio y el coeficiente de simultaneidad que representa el promedio de utilización en cada puesto de consumo.

Aplicación	Oxígeno		Vacío		Aire	
	Lts/min	Coef.	Lts/min	Coef.	Lts/min	Coef.
Cama normal	6	0.2	5	0.3		
Cama especial	30	0.4	10	0.3	30	0.2
UTI adultos	25	1	60	0.7	30	0.8
Quirófano	20	0.1	30	0.6	15	0.5
Imágenes	10	0.2	20	0.3	30	0.3
Resonancia	15	0.2	25	0.2	30	0.2
Guardia	15	0.5	20	0.5	10	0.2

TABLA 14. VALORES DE CONSUMO POR PUESTO. SIMI BIOINGENIERÍA, INSTALACIONES Y EQUIPOS DE GASES MEDICINALES, UNER

La Tabla 15 expone el caudal en litros/min de cada servicio, pero en este caso “Linde Gas Therapeutics” no brinda información acerca de los coeficientes de simultaneidad.

Aplicación	Aire Lts/min
Guardia	15
Internación	30
Recuperación	10
Cirugía	15
UTI	60

TABLA 15. VALORES DE CONSUMO POR PUESTO. LINDE GAS THERAPEUTICS

Según las tablas antes mencionadas y en base a los datos recabados en el hospital se realizan las siguientes salvedades:

- Terapia Intensiva: tanto para terapia general como aislados se asigna el valor de *UTI adultos* según lo propuesto por la Tabla 14, ya que se considera que la Tabla 15 propone un consumo muy elevado dadas las mejoras tecnológicas que poseen los respiradores;
- Sector A y Sector C: Si bien los servicios de internación no requieren de este gas medicinal, los mismos cuentan en su panel de gases médicos con aire comprimido por dos razones: dado que el hospital brinda servicios de urgencia en caso de catástrofe es necesario realizar una ampliación de sus servicios y en caso de tener que realizar mantenimiento a las instalaciones de terapia intensiva, la misma se puede trasladar temporalmente al servicio de internación. Por lo mencionado, se le asigna el valor de *UTI adultos*;
- Quirófano: existen cuatro sectores que hacen uso de aire comprimido medicinal pero no en igual medida ni importancia, con lo cual los valores adoptados para cada uno de ellos difieren: sala de cirugía adopta el valor de *quirófano*, sala de recuperación al ser un lugar de paso le asignamos el valor de *guardia*, office de anestesia si bien en la actualidad no está en uso se le asigna el valor de *cama especial* por el motivo por el cual fue diseñado y por último, para el caso de office sucio se utiliza uno de los

cuatro puesto de consumo de sala de recuperación y es por ello que no se presenta en la Tabla 16;

- Emergencias: se encuentran dos sectores diferenciados, por un lado guardia al cual se le asignan los valores de *guardia*, y shock room al cual se le asignan los valores de *UTI adultos* dado que el consumo y la simultaneidad es la misma para ambos casos;
- Diagnóstico por imagen: tanto al sector de tomografía computarizada como al de angiografía, se les asignan el valor correspondiente a *imágenes*;
- Sala de camilleros: este sector cuenta con un panel de gases médicos porque antes formaba parte de terapia intensiva para aislados con lo cual se le asigna el valor de *UTI adultos*.

En la Tabla 16 se presenta la cantidad de puestos de consumo por sector, el consumo y el coeficiente de simultaneidad. En base a esto se estipula un consumo de 2289 litros por minuto.

Servicio	Sector	Puestos de Consumo	Consumo por puesto [L/min]	Coefficiente de Simultaneidad	Consumo total del Servicio [L/min]	Consumo total del Servicio [m ³ /h]
Terapia Intensiva	General	6	30	0,8	144	8,64
	Aislados	3	30	0,8	72	4,32
Internación	Sector A	38	30	0,8	912	54,72
	Sector C	38	30	0,8	912	54,72
Quirófano	Salas de Cirugías	4	25	0,8	80	4,8
	Sala de recuperación	4	10	0,2	8	0,48
	Office de Anestesia	1	30	0,2	6	0,36

Emergencias	Shock Room	4	30	0,8	96	5,76
	Guardia	4	10	0,2	8	0,48
Diagnóstico por imagen	Tomografía	2	30	0,3	18	1,08
	Angiografía	1	30	0,3	9	0,54
Otros	Sector					
	Camilleros	1	30	0,8	24	1,44
Total					2289	137,34

TABLA 16. CONSUMO ESTIPULADO DE AIRE COMPRIMIDO EN EL HOSPITAL MUNICIPAL DE URGENCIAS

Dado el consumo obtenido, se considera que el hospital no dispone con el equipamiento suficiente para producir dicha demanda. Si se observa la Tabla 16, sector A y C tienen una demanda de 1824 litros por minuto, y para ello sería necesario disponer de 76 respiradores. El hospital cuenta con 19 respiradores, de los cuales 13 se encuentran distribuidos en terapia intensiva y shock room, y los 6 restantes a modo de back up para reponer aquellos que no funcionen o requieran mantenimiento preventivo. Estos 6 respiradores podrían utilizarse en sector A o sector C, pero faltarían 70 respiradores para completar el consumo calculado anteriormente. Dado esto, se considera que el consumo estipulado supera la realidad del hospital. Haciendo una suposición de que el hospital llegase a adquirir 14 respiradores más, aumentando a 20 el back up de los mismos, las camas de sector A y C que harían uso de aire medicinal se reduciría a 20, obteniendo así 56 puestos de consumo menos.

Además, se eliminó el puesto de consumo de camilleros dado que el mismo no se utiliza y el office de anestesia ya que en la actualidad se utiliza como sala de jefes, y se re-asigno uno de los puestos de sala de recuperación en quirófano dado que se utiliza como office sucio.

Por los criterios adoptados se vuelve a realizar el cálculo del consumo del hospital y se presenta en la siguiente tabla:

Servicio	Sector	Puestos de Consumo	Consumo por puesto [L/min]	Coefficiente de Simultaneidad	Consumo total del Servicio [L/min]	Consumo total del Servicio [m ³ /h]
Terapia Intensiva	General	6	30	0,8	144	8,64
	Aislados	3	30	0,8	72	4,32
Internación	A o C	20	30	0,8	480	28,8
Quirófano	Salas de Cirugías	4	25	0,8	80	4,8
	Sala de recuperación	3	10	0,2	6	0,36
	Office sucio	1	10	0,1	1	0,06
Emergencias	Shock Room	4	30	0,8	96	5,76
	Guardia	4	10	0,2	8	0,48
Diagnóstico por imagen	Tomografía	2	30	0,3	18	1,08
	Angiografía	1	30	0,3	9	0,54
Total					914	54,84

TABLA 17. CONSUMO ADAPTADO A LOS NUEVOS CRITERIOS

2. DETERMINACIÓN DE CAÑERÍAS PARA EL CONSUMO ESTIPULADO

En base al consumo estipulado anteriormente se realiza el cálculo de las cañerías de la red de distribución para determinar en base a ello si el dimensionamiento con el que cuenta la red existente es el adecuado.

Para poder realizar dichos cálculos se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = 18,8 * \sqrt{\frac{Q}{V * P}}$$

siendo

D: Diámetro en mm

Q: Caudal en m³/h

V: Velocidad del fluido en m/s

P: Presión del fluido en atmósfera

En todos los servicios se calcula la velocidad con el teorema de Bernoulli obteniendo como resultado 8,47 m/s, y se considera una presión de 6 bares que se corresponde a la presión de trabajo nominal de la red de distribución.

Para comenzar a realizar el dimensionamiento fue necesario dividir la longitud de la cañería en *tramos* los cuales se extienden hasta los puntos donde se realiza una bifurcación o donde existe un puesto de consumo. Si bien se realizó el relevamiento de la instalación en cada uno de los servicios no se pudo visualizar la totalidad de codos y accesorios con el que cuenta cada tramo. Es por ello, que dependiendo de la longitud de la cañería se suma un porcentaje de caudal con el fin de compensar la pérdida de carga que la misma tiene ya sea por su extensión y/o por los elementos instalados en la misma. Además, existe la posibilidad de que se realice una ampliación del servicio de emergencia con lo cual se contempla esta situación para el cálculo de las cañerías. En base a estas salvedades se calcula el caudal que denominaremos *caudal compensado*, y los porcentajes de compensación serán los siguientes:

Longitud cañería [m]	Porcentaje de compensación
0 a 15	5
15 a 30	1
30 a 45	15
45 a 60	20
60 a 75	25
Ampliación futura del servicio	20

TABLA 18. PORCENTAJES PARA CALCULAR EL CAUDAL COMPENSADO

Una vez determinado el caudal adaptado se realiza el cálculo del diámetro que denominaremos *diámetro teórico* para luego ser comparado con la Tabla 19 que contiene los datos de los *diámetros comerciales* que son aquellos que se encuentran instalados a lo largo de la red de distribución.

Cañería	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Diámetro externo [mm]	9,52	12,70	15,87	19,05	22,22	28,57	34,92	41,27	53,97
Espesor de pared [mm]	0,89	1,24	1,24	1,24	1,65	1,65	1,65	1,83	2,11
Diámetro libre [mm]	7,74	10,22	13,39	16,57	18,92	25,27	31,62	37,61	49,75

TABLA 19. DIÁMETROS COMERCIALES, SEGÚN NORMA ASTM B88

En las siguientes tablas se presentan los diámetros teóricos calculados en cada uno de las plantas del hospital, correlacionando estos valores a los diámetros que se consiguen comercialmente, y comparando estos últimos con las cañerías instaladas en la actualidad.

Primer Piso

Sector A							
Tramo	Longitud	Caudal teórico [m ³ /h]	Caudal de compensación [m ³ /h]	Caudal Final [m ³ /h]	Diámetro teórico [mm]	Diámetro comercial [pulgadas]	Cañería existente [pulgadas]
B3-B4	3	54,72	2,736	57,456	19,65	1	2
D5-C5	17,1	2,88	0,288	3,168	4,61	1/4	3/4
D1-D2	16,7	11,52	1,152	12,672	9,23	3/8	3/4
C5-C4	8,2	14,4	0,72	15,12	10,08	1/2	1
C3-C4	5,6	25,92	1,296	27,216	13,53	5/8	1 1/2
C3-C	8,4	37,44	1,872	39,312	16,26	3/4	1 1/2
D3-D4	16,7	5,76	0,576	6,336	6,52	1/4	3/4
C1-C	0,4	17,28	1,728	19,008	11,30	1/2	3/4

TABLA 20. DIMENSIONAMIENTO CAÑERÍA SECTOR A

Sector C							
Tramo	Longitud	Caudal teórico [m ³ /h]	Caudal de compensación [m ³ /h]	Caudal Final [m ³ /h]	Diámetro teórico [mm]	Diámetro comercial [pulgadas]	Cañería existente [pulgadas]
C11-D10	17,1	2,88	0,288	3,168	4,61	1/4	3/4
D7-D6	16,7	11,52	1,152	12,672	9,23	3/8	3/4
C11-C10	8,2	14,4	0,72	15,12	10,08	1/2	1
C9-C10	5,6	25,92	1,296	27,216	13,53	5/8	1 1/2
C9-C6	8,4	37,44	1,872	39,312	16,26	3/4	1 1/2
D8-D9	16,7	5,76	0,576	6,336	6,52	1/4	3/4
C7-C6	0,4	17,28	1,728	19,008	11,30	1/2	3/4

TABLA 21. DIMENSIONAMIENTO CAÑERÍA SECTOR C

Planta Baja

Quirófano - UTI- Diagnóstico por Imagen							
Tramo	Longitud	Caudal teórico [m ³ /h]	Caudal de compensación [m ³ /h]	Caudal Final [m ³ /h]	Diámetro teórico [mm]	Diámetro comercial [pulgadas]	Cañería existente [pulgadas]
B-B3	3	131,1	6,555	137,655	30,42	1 1/4	2
B3-E	0,5	18,94	0,94	19,8912	11,56	1/2	2
E-E1	10,2	1,2	0,06	1,26	2,91	1/4	1
E2-E3	18,2	1,2	0,12	1,32	2,97	1/4	3/4
E4-E5	12,2	1,2	0,06	1,26	2,91	1/4	3/4
E4-E6	6,6	1,2	0,06	1,26	2,91	1/4	1
E7-E8	8	0,36	0,018	0,378	1,59	1/4	1

E9-E10	10,4	0,48	0,024	0,504	1,84	1/4	1
F-F1	27,4	8,64	0,864	9,504	7,99	3/8	3/4
F2-F3	16,4	4,32	0,432	4,752	5,65	1/4	3/4
G-G1	18,4	1,08	0,108	1,188	2,82	1/4	1
G-G2	25,5	0,54	0,054	0,594	1,99	1/4	1
F4-G	31,5	1,62	0,243	1,863	3,53	1/4	1
F4-F5	3,8	1,44	0,072	1,512	3,18	1/4	1
F2-F4	9	3,06	0,153	3,213	4,64	1/4	1
F-F2	22,3	7,38	0,738	8,118	7,38	3/8	1
E-F	25,3	21,66	2,166	23,826	12,65	1/2	1

TABLA 22. DIMENSIONAMIENTO CAÑERÍA QUIRÓFANO, UTI Y DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

Emergencias							
Tramo	Longitud	Caudal teórico [m ³ /h]	Caudal de compensación [m ³ /h]	Caudal Final [m ³ /h]	Diámetro teórico [mm]	Diámetro comercial [pulgadas]	Cañería existente [pulgadas]
B2-H1	16,7	5,76	1,728	7,488	7,09	3/8	1/2
B2-H2	16,5	0,48	0,144	0,624	2,04	1/4	1/2

TABLA 23. DIMENSIONAMIENTO CAÑERÍA DE EMERGENCIAS (SHOCK ROOM Y GUARDIA)

Subsuelo

Sala de Máquina							
Tramo	Longitud	Caudal teórico [m ³ /h]	Caudal de compensación [m ³ /h]	Caudal Final [m ³ /h]	Diámetro teórico [mm]	Diámetro comercial [pulgadas]	Cañería existente [pulgadas]
A-B2	67,8	6,24	1,56	7,8	7,24	3/8	3/4
B-B1	52,5	54,72	10,5	65,22	20,94	1	2
A-B	14,7	131,1	65,55	196,65	36,36	1 1/2	2

TABLA 24. DIMENSIONAMIENTO CAÑERÍA DE SALIDA DE SALA DE MÁQUINAS Y SUBIDA A LOS DISTINTOS PISOS

En las mismas se puede observar que el diámetro de la cañería existente en la red de distribución de aire comprimido siempre es mayor que el diámetro calculado, con lo cual se deduce un sobredimensionamiento de la red.

Si se realiza un cálculo inverso teniendo en cuenta el dimensionamiento existente, la red de distribución es capaz de transportar un caudal aproximado de 7167 litros por minuto, superando hasta 7 veces el consumo calculado.

Si bien se realizaron los cálculos suponiendo que en los puestos de consumo la presión nominal es de 6 bares, se llevó a cabo la medición de la misma en los paneles de cada servicio obteniendo los siguientes resultados:

Lugar	Presión medida [Bar]
Quirófano	3,8
Sala de recuperación de cirugía	4
Guardia	5
Sector C	5,4
Sector A	3,6
Angiografía	4,8

TABLA 25. RELEVAMIENTO DE PRESIONES EN PUESTOS DE CONSUMO

Dado los valores obtenidos, se sugiere que se realicen las pruebas necesarias para determinar los puntos de pérdida de presión tanto en la sala de máquinas como en la red de distribución. En la actualidad, la medición de presión se realiza en el tanque de reserva y en los paneles de gases médicos, con lo cual, las pérdidas podrían estar a lo largo de esta red. Se deben contemplar los equipos instalados en la sala dado que el tanque de reserva se encuentra antes del secador frigorífico y de los filtros, y si bien los mismos producen una caída de presión especificada por el fabricante, dado el estado que presentan en la actualidad, puede que esta caída de presión sea excesiva. A modo de ejemplo, se presenta en la Tabla 26, las caídas de presión que deben tenerse en cuenta según la firma KAESER S.A para el dimensionamiento correcto de la red.

Elemento causante de la caída de presión	Presión [Bar]
Red central	0,03
Red de distribución	0,03
Conexiones	0,04
Secador	0,20
Unidad y tubería de tratamiento	0,50
Total	0,80

TABLA 26. PRESIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO CORRECTO DE LA RED. FUENTE: KAESER S.A

Otra causa de caída de presión, son las pérdidas o fugas existentes en la red de distribución como así también la acumulación de condensado que pudiera existir debido a la falta de utilización de secadores en la sala de máquina. La acumulación de condensados produce una reducción en la cañería de distribución, aumentando así la presión y con ello la disminución del aire suministrado a cada puesto de consumo. Sin embargo, entre el 40 % y el 70 % de las fugas se realizan en los paneles de gases médicos ubicados en cada puesto de consumo.

Esta sugerencia no es menor, dado que un aumento en la caída de presión puede alcanzar valores críticos en la red de distribución afectando el funcionamiento de los equipos de asistencia respiratoria.

CAPITULO V: PROPUESTAS DE SISTEMA DE SUMINISTRO Y SELECCIÓN

En base a lo desarrollado en el Capítulo II de este proyecto se plantean tres propuestas con el objetivo de mejorar la calidad del aire medicinal generado en la sala de máquinas de aire comprimido del Hospital Municipal de Urgencias. A su vez, para la toma de decisiones se considera lo relevado y presentado en el Capítulo III, ya que los elementos que se encuentran actualmente en la sala deben pasar por un servicio de mantenimiento y prueba, y con ello determinar si formarán parte del nuevo sistema de generación de aire comprimido medicinal.

1. PROPUESTAS DE SISTEMAS DE SUMINISTRO

1.1 PROPUESTA UNO: Dos unidades compresoras más banco de cilindros

La primera propuesta se basa en la utilización de dos unidades compresoras con sus respectivas unidades acondicionadoras y un banco o batería de cilindros.

Según lo relevado en la sala de máquinas hacen falta varios componentes tanto de las unidades compresoras como de las acondicionadoras, como así también el conjunto de cilindros. La propuesta que se plantea es adaptar los componentes existentes y agregar los faltantes para cumplir con las exigencias planteadas por la normativa utilizada.

En la Tabla 27 se realiza una comparación entre los componentes que considera necesario la norma con los componentes disponibles actualmente en la sala.

Componentes en la Sala		Componentes según normativa		Observaciones
Cantidad	Componente	Cantidad	Componente	
2	Compresores	2	Compresores (la norma no especifica el tipo de compresor a utilizar)	Por distintas razones ambos compresores necesitan mantenimiento para determinar el estado de sus elementos componentes y determinar

				si los mismos pueden seguir siendo utilizados.
1 1	Filtro Coalescente Filtro no determinado	2	Filtros (la norma nacional no especifica los tipos de filtros que se deben utilizar, mientras que la norma internacional sugiere la utilización de filtros coalescentes y carbón activo)	Los filtros disponibles en la sala cumplieron su vida útil por ende se debe adquirir nuevos filtros para lograr de esta manera aire comprimido de grado medicinal.
1	Tanque de reserva		La norma nacional no contempla la utilización de tanques de reserva, pero si lo hace la norma internacional.	El funcionamiento está sujeto a verificación mediante prueba hidráulica correspondientes a tanques sometidos a presión
1	Secador frigorífico	2	Secadores (la norma no especifica si los mismos deben ser refrigerativos o por adsorción)	Se deben realizar las reparaciones pertinentes al secador disponible, pero por las condiciones que se encuentra es posible que no se pueda volver a utilizar.
-	-		Batería de cilindros acorde al consumo del hospital	La sala no dispone de cilindros
-	-		Válvulas de corte y reguladores de presión para cada manifold.	
-	-	2	Post-enfriadores	Las unidades compresoras no cuentan con postenfriadores.
-	-	1	Manifold de tamaño acorde a cantidad de cilindros	
-	-	2	Colectores	
-	-	1	Sensor de punto de rocío	

TABLA 27. LISTADO DE ELEMENTOS DISPONIBLES Y ELEMENTOS NECESARIOS CONSIDERANDO COMO FUENTE DE SUMINISTRO DOS UNIDADES COMPRESORAS Y UNA BATERÍA DE CILINDROS

1.2 PROPUESTA DOS: Tres unidades compresoras

La segunda propuesta comprende la utilización de tres unidades compresoras para la generación de aire comprimido de grado medicinal. Al igual que en el caso anterior, en la Tabla 28 se exponen los elementos disponibles y elementos necesarios para poder implementar dicha propuesta.

Componentes en la sala		Componentes según normativa		Observaciones
Cantidad	Componentes	Cantidad	Componentes	
2	Compresores	3	Compresores (la norma no especifica el tipo de compresor a utilizar)	Al igual que en el caso anterior, se debe considerar el mantenimiento de los dos compresores existentes en la sala
1 1	Filtro coalescente Filtro no determinado	2	Filtros (la norma nacional no especifica los tipos de filtros que se deben utilizar, mientras que la norma internacional sugiere la utilización de filtros coalescentes y carbón activo)	Al igual que en el caso anterior, se debe considerar el cambio de los filtros existentes
1	Tanque de reserva		La norma nacional no contempla la utilización de tanques de reserva, pero si lo hace la norma internacional.	El funcionamiento está sujeto a verificación mediante prueba hidráulica correspondientes a tanques sometidos a presión
1	Secador frigorífico	2	Secadores (la norma no especifica si los mismos deben ser refrigerativos o por adsorción)	Se deben realizar las reparaciones pertinentes al secador disponible, pero por las condiciones que se encuentra es posible que no se pueda volver a utilizar.
-	-	3	Post-enfriadores	
-	-	2	Colectores	
-	-	1	Sensor de punto de rocío	

TABLA 28. LISTADO DE ELEMENTOS DISPONIBLES Y ELEMENTOS NECESARIOS CONSIDERANDO COMO FUENTE DE SUMINISTRO TRES UNIDADES COMPRESORAS.

1.3 PROPUESTA TRES: Dos unidades mezcladoras y un banco de cilindros

La última propuesta se basa en la utilización de dos unidades mezcladoras y un banco o batería de cilindro, contemplando así las tres fuentes de suministro sugeridas por la normativa.

A diferencia de la propuesta uno y dos, se puede observar en la Tabla 29 que en este caso la sala no cuenta con ninguno de los elementos necesarios para poder llevar a cabo la implementación de la misma.

Componentes según normativa		Observaciones
Cantidad	Componentes	
2	Mezcladores	La sala al estar compuesta por unidades compresoras no cuenta con unidades mezcladoras
1	Colector	La sala no dispone de colectores
1	Analizador de control de calidad	Al no haber unidades mezcladoras la sala no dispone de un analizador de control de calidad
	Fuente de Oxígeno	Si bien el hospital dispone de cilindros de oxígeno la sala de máquinas no cuenta con los mismos.
	Fuente de Nitrógeno	Si bien el hospital dispone de cilindros de nitrógeno la sala de máquinas no cuenta con los mismos.
	Batería de cilindros acorde al consumo del hospital	La cantidad de cilindros necesarios para abastecer el consumo del hospital dependerá de la capacidad de los mismos.

TABLA 29. LISTADO DE ELEMENTOS DISPONIBLES Y ELEMENTOS NECESARIOS CONSIDERANDO COMO FUENTE DE SUMINISTRO DOS UNIDADES MEZCLADORAS Y UNA BATERÍA DE CILINDROS.

2. SELECCIÓN DE PROPUESTA Y JUSTIFICACIÓN

Los criterios que se adoptan para seleccionar la propuesta adecuada contempla aspectos como: espacio físico disponible, fiabilidad y eficacia de las fuentes de suministro, recursos humanos e inversión económica necesaria.

Analizando la primera propuesta se pretende determinar el tamaño de la batería de cilindros que se necesitará para poder suplir la demanda del hospital, ya que las dimensiones de la sala son

acotadas pero existe posibilidad de ampliación. La norma, si bien establece que la batería de cilindros debe ser capaz de abastecer el consumo total de los distintos servicios no determina el tiempo durante el cual lo debe realizar, por ello se supone un tiempo de abastecimiento de aproximadamente una hora, dado que:

- Si el problema por el cual no se está suministrando aire medicinal es ocasionado por algún defecto en las unidades de compresión, los respiradores pueden calibrarse (condición inicial para encender los equipos) únicamente con oxígeno y ser utilizado indefinidamente con este gas medicinal. Según lo consultado a profesionales de los distintos servicios, si bien depende de las condiciones físicas y del estado de salud de cada paciente, se le puede suministrar oxígeno hasta por 8 horas ya que luego de este periodo el suministro del mismo produce intoxicación. Para el caso de mesa anestesia, se puede utilizar nitrógeno como agente portador de los gases anestésicos. Con lo cual, se considera prudencial fijar un tiempo de una hora.

- Dependiendo el problema, si es con el grupo electrógeno de emergencia o con alguno de los compresores, las medidas que se pueden llevar a cabo son diversas. Entre ellas: el alquiler de grupo electrógeno o compresor portátil, recurrir al servicio de mantenimiento de los compresores para el cambio de alguna de sus partes, compra de combustible, entre otras. Dado lo mencionado en el ítem anterior, y considerando que la duración de la batería es de cilindros de una hora, se considera suficiente contar con aproximadamente 9 horas para llevar a cabo alguna de las acciones mencionadas.

Considerando cilindros de 44 litros a 125 bar, y suministrando a una presión de 4 bar a la red, el volumen que puede proveer cada unidad es de $1,4 \text{ m}^3$. Si se diseña una batería de cilindros para el consumo total del hospital, la misma tendría que estar compuesta por 83 unidades, mientras que si se considera únicamente aquellos servicios críticos (terapia intensiva, shock room y quirófano) estaría compuesta por 17 unidades. Si bien la norma establece que la tercer fuente de suministro debe ser capaz de abastecer a todo el hospital con las otras dos fuentes de suministro fuera de servicio, se considera que la colocación de 83 cilindros es excesivo dado los puntos planteados en el cálculo realizado para establecer el consumo del hospital. Por la distribución que tendrán los cilindros (ver ilustración 69, Capítulo VI), es que se plantea una batería de cilindros compuesta por 20 unidades (2x10). La misma es capaz de abastecer los servicios críticos durante 70 minutos aproximadamente.

A pesar de que es una propuesta que requiere un lugar físico separado de la sala y tiene un tiempo limitado de suministro, cuenta con la ventaja de ser una fuente independiente de energía

eléctrica, con lo cual es capaz de seguir abasteciendo este gas medicinal en caso de una falla en la red eléctrica provista por EPEC o por el grupo electrógeno. A su vez, se puede considerar el uso de la batería no solo ante un problema eléctrico, sino también neumático o mecánico de los compresores. A su vez, se puede considerar el uso de la batería no solo ante un problema eléctrico, sino también neumático o mecánico de los compresores.

Analizando la segunda propuesta, se tiene la ventaja de que al tener dos o tres unidades compresoras se necesitan como mínimo dos unidades acondicionadoras para cumplir con la normativa. Es decir, que al agregar otra unidad compresora se pueden utilizar las unidades acondicionadoras ya previstas para los compresores existentes en la sala. Si bien este es un factor importante, al tener tres fuentes de suministro del mismo tipo, y planteando como en el caso anterior una falla en el sistema de suministro de energía eléctrica (ya sea general o de emergencia), se interrumpe la distribución de aire medicinal. Considerando las dimensiones de la sala, al igual que en la propuesta anterior, es necesario realizar una ampliación de la misma.

La tercer propuesta presenta el inconveniente que las unidades mezcladoras deben tener una fuente centralizada de nitrógeno para poder realizar la mezcla necesaria como así también se debe verificar si la fuente de oxígeno, que existe actualmente en el hospital, puede responder a las demandas que estas necesitan. A su vez, las unidades mezcladoras de gases son equipos complejos que requieren mano de obra especializada para poder llevar a cabo su mantenimiento. Por último, otro aspecto negativo de esta propuesta, es que la finalidad u objetivo de este trabajo es la de realizar una adaptación de la norma a la sala actual de aire medicinal, y en caso de adquirir este tipo de tecnología las unidades compresoras existentes quedarían fuera de uso. Todos estos aspectos son motivos que nos lleva a determinar que esta opción no es la más adecuada.

Por todo lo antes mencionado, en primer lugar se descarta la propuesta de adquirir unidades mezcladoras. En cuanto a las otras dos propuestas en ambos casos el espacio físico disponible no es suficiente con lo cual se debe realizar una ampliación en la sala. Por otro lado, considerando la continuidad del suministro ante cualquier evento externo a la misma, se concluye que la mejor opción es la primer propuesta.

3. SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LA SALA

Una vez seleccionada la propuesta, se procede a determinar que tecnología formará parte de la sala de máquinas. Para ello se analizan las características de cada una y el costo asociado a las mismas.

3.1 POSTENFRIADORES

Existen dos tipos de tecnologías en cuanto a postenfriadores según el medio que se emplea para realizar el intercambio de calor, por un lado los postenfriadores aire-aire y por otro lado aire-agua. Se descarta la idea de utilizar estos últimos, ya que la norma NFPA 99 sugiere que exista un sensor de nivel de líquido para dispositivos que utilicen como medio refrigerante agua con lo cual esto proporciona un gasto extra a la instalación. A su vez, en cuanto a mantenimiento, estos también presentan desventaja ya que se debe realizar un recambio periódico del agua refrigerante mientras que el otro tipo de postenfriadores utiliza como medio refrigerante el aire presente en la sala, requiriendo únicamente la limpieza del ventilador que disminuye la temperatura del aire en los intercambiadores.

Por lo antes mencionado, se considera conveniente emplear postenfriadores aire-aire.

3.2 TANQUE DE RESERVA

Durante la etapa de compresión, dado que se utilizan compresores de pistón, los cabezales generan oscilaciones de presión que deben ser amortiguadas para no dañar los componentes neumáticos de la red de distribución como tampoco los elementos de la sala de generación de aire comprimido. Por este motivo, es que se utiliza un tanque de reserva en la sala, para que el mismo cumpla la función de amortiguar las oscilaciones de presión. Por otro lado, este equipo permite establecer la presión nominal con la cual se distribuirá el aire medicinal. Además, se debe adquirir un tanque con una capacidad tal que permita al compresor funcionar en periodos iguales de trabajo y descanso. Según lo descrito en el Capítulo III, el tanque instalado es de 500 litros y permite al compresor trabajar durante 3 minutos y descansar 38 minutos.

El mismo se encuentra instalado en el hospital hace más 20 años, y según los fabricantes el periodo de vida útil es de 10 años, dado que pasado este plazo los materiales entran en etapa de fatiga siendo necesario realizar el cambio del mismo. Además, el material utilizado para su fabricación es hierro dulce con lo cual ante la presencia de formación de condensados, y al no

realizarse la evacuación periódica, es muy probable que el interior se encuentre corroído. La formación de condensados se debe al intercambio de calor que se produce entre el aire comprimido almacenado en el mismo y la temperatura ambiente. Según la firma KAESER S.A si el tanque es tal que cumple con la relación empírica presentada a continuación, el mismo es tan eficiente como un separador centrífugo, siendo esto ventajoso para los secadores que se encuentra luego de los mismos.

$$\text{tamaño del deposito} = \frac{\text{caudal de compresión}}{3}$$

3.3 SECADORES

Existen dos tecnologías en cuanto a secadores: secadores por adsorción y secadores frigoríficos. La diferencia entre ambos radica en el punto de rocío obtenido a la salida de los mismos, en el primer caso el punto de rocío alcanzado puede variar entre -70°C y -40°C , mientras que los secadores frigoríficos alcanzan valores entre 3°C y 10°C . Según la norma ISO 8573-1 el aire medicinal es de clase 2 con lo cual uno de los requisitos es que el punto de rocío sea -40°C o menos, siendo necesario entonces utilizar un secador por adsorción. En caso de utilizar un secador frigorífico, el aire generado es de grado 4, no cumpliendo así con los estándares.

Por otro lado, para realizar la instalación de los secadores por adsorción es necesario disponer de dos filtros: un filtro de micro-partículas antes de que el aire ingrese a los mismos para evitar el deterioro del disecante contenido dentro de las torres de secado, y otro filtro a la salida (si bien algunos fabricantes lo venden en conjunto con el equipo) que evite que las partículas del disecante puedan contaminar la red de distribución. Tanto la adquisición como el mantenimiento de los filtros elevan considerablemente la puesta en servicio y su funcionamiento a lo largo del tiempo, considerando también que el equipo en sí es aproximadamente dos veces más caro que los secadores frigoríficos convencionales.

Por lo mencionado, lo correcto sería adquirir dos secadores por adsorción cumpliendo así con la norma nacional, pero a nivel económico los mismos no son accesibles dada la realidad del hospital. Además, para que este pueda operar de forma segura, es necesario la adquisición y el mantenimiento correcto de los filtros antes mencionados, si los mismos no funcionan, se debe sacar de servicio el secador. Por esta razón, se debe asumir como solución de compromiso la adquisición de secadores frigoríficos.

Actualmente los secadores frigoríficos presentan la ventaja de emplear un medio denominado masa térmica, que tiene la función de mantener el punto de rocío estable y disminuir la cantidad de veces que el equipo debe encenderse para disminuir la temperatura del intercambiador, generando así un ahorro energético. Otra característica para destacar, es que este tipo de secador no requiere la utilización de filtros especiales para su funcionamiento, generando así que la presión diferencial sea menor con la consecuente disminución de pérdidas, pudiendo mantenerse la presión máxima de la red a un costo menor. Según algunos fabricantes, generar 1 bar de presión significa un aumento energético del 6% a nivel energético como así también un aumento de pérdidas por fugas. A nivel económico, al no tener que utilizar pre-filtros la adquisición de estos tipos de secadores es menor que en el caso de los secadores por adsorción.

Se opta por adquirir dos secadores frigoríficos con masa térmica y no los convencionales, dado que la diferencia de precio se amortiza con el ahorro energético a lo largo de la vida útil del mismo.

Para determinar el secador frigorífico con masa térmica adecuado se debe tener en cuenta la presión de trabajo, la temperatura del aire comprimido y la temperatura ambiente dado que estos factores repercuten a la hora de la elección del secador. Si aumenta la sobrepresión de servicio aumenta el flujo volumétrico máximo del secador, si se eleva la temperatura de entrada del aire comprimido o la temperatura ambiente, en ambos casos se reduce el flujo volumétrico máximo.

El fabricante, si bien fija valores de presión de 7 bar, temperatura ambiente +25°C y temperatura de entrada del aire de +35°C para el funcionamiento del secador, muchas veces las condiciones de trabajo son diferentes. Con lo cual, el mismo proporciona ecuaciones y tablas de corrección para que el secador pueda ser utilizado bajo distintos contextos.

A modo de ejemplo, según lo proporcionado por la marca KAESER S.A, para la elección del secador se debe determinar el *volumen máximo de servicio*, que está dado por:

$$V_{max. de servicio} = V_{referencia} * K_p * K_{te} * K_{ta}$$

Donde:

$V_{max. de servicio}$: flujo volumétrico máximo en condiciones de servicio [m³/min];

$V_{referencia}$: es el flujo volumétrico a 7 bar de sobrepresión de servicio [m³/min];

K_p : factor de corrección de presión;

K_{Te} : factor de corrección de temperatura de entrada de aire;

K_{Ta} : factor de corrección de temperatura ambiente.

Para determinar estos valores, primero se debe conocer el Vreferencia que depende del modelo que se desea utilizar como así también la temperatura de entrada del aire, la presión de trabajo, y la temperatura ambiente. Con estos datos, se utiliza la Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32 para determinar los factores de corrección correspondientes y con ello poder calcular el volumen máximo de servicio. Este último debe ser mayor al flujo de aire proporcionado por cada uno de los compresores.

Modelo	P [bar]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TA-TE	K_p	0,84	0,9	0,95	1	1,04	1,07	1,1	1,12	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23
TF		0,71	0,82	0,91	1	1,04	1,08	1,1	1,14	1,16	1,19	1,21	1,23	1,25

TABLA 30. PRESIÓN DE SERVICIO DISTINTA A LA ENTRADA DEL SECADOR P. SECADORES KAESER MODELOS TA-TF

Modelo	Te [°C]	30	35	40	45	50	55
TA-TE	K_{Te}	1,2	1	0,83	0,72	0,6	0,49
TF		1,2	1	0,8	0,68	0,51	0,43

TABLA 31. TEMPERATURA DE ENTRADA DE AIRE COMPRIMIDO TE. SECADORES KAESER MODELOS TA-TF

Modelo	Ta [°C]	25	30	35	40	43
TA-TE	K_{Ta}	1	0,99	0,97	0,94	0,92
TF		1	0,96	0,92	0,88	0,85

TABLA 32. TEMPERATURA AMBIENTE TA. SECADORES KAESER MODELOS TA-TF

A modo de ejemplo, se presenta la elección del secador frigorífico, y para ello, se eligen dos modelos de la marca KAESER S.A

Modelo	$V_{\text{referencia}}$ [m ³ /min]
TA 11	1,25
TB 19	2,10

TABLA 33. FLUJO VOLUMÉTRICO A 7 BAR DE SOBREPRESIÓN DE SERVICIO

Se considera:

$T_a = 28,1$ °C dado que es la temperatura máxima promedio en la Ciudad de Córdoba;

$T_e = 40$ °C dado que si bien la temperatura de salida desde el compresor es de 140°C, antes de que el mismo ingrese al secador existe un postenfriador que disminuye este valor a 60°C aproximadamente para luego ingresar en el tanque en donde el aire es capaz de disminuir su temperatura a valores semejantes a la temperatura ambiente;

$P = 6,5$ bar;

En base a ello, y considerando los modelos TA y TB, los factores de corrección resultantes son:

$K_P = 1$;

$K_{T_e} = 0,83$;

$K_{T_a} = 0,99$;

En caso de que el secador utilizado sea el modelo TA 11, el volumen máximo de servicio es de 1,027 m³/min, mientras que el volumen máximo de servicio para el modelo TA 19 es de 1,7255 m³/min. Dado que el consumo estipulado del hospital es de 0,9 m³/min el secador que se adapta a las condiciones de la sala es el modelo TA 11.

3.4 CADENA DE FILTROS

El aire medicinal generado se obtiene a partir del tratamiento realizado al aire atmosférico tomado desde el exterior de la sala. Este último contiene partículas en suspensión que pueden ser nocivas para la respiración humana provocando irritación en las vías respiratorias, silicosis y asbestosis en caso de acumularse en los pulmones, como así también agravar enfermedades cardiovasculares. Dentro de estas partículas existen las denominadas PM10 (partículas con un

diámetro menor a $10 \mu\text{m}$), que toman importancia por tener la particularidad de penetrar en el aparato respiratorio y llegar a los alvéolos pulmonares.

Debido a esto la norma sugiere estándares en referencia al tamaño y concentración de las partículas en suspensión. Como mencionamos en los capítulos anteriores, según la norma ISO 8573-1, el aire para la respiración humana no debe contener partículas mayores a $5 \mu\text{m}$ como así tampoco niveles de aceite mayores a $0,1 \text{ mg/m}^3$, con lo cual, es necesario que el aire atmosférico pase por etapas sucesivas de filtrado.

Es por esto que se plantea una cadena de filtración compuesta por cuatro filtros que se disponen según el elemento y el tamaño a filtrar. El primero de ellos es el coalescente, el cual es utilizado para separar por coalescencia aerosoles líquidos, microgotas de agua y aceite, como así también partículas sólidas que comprendidas entre 1 a $0,3 \mu\text{m}$. Luego, se coloca un filtro de carbón activo que elimina olores como también el contenido de aceite en forma de vapor que no fue eliminado por el filtro anterior. El siguiente, es un filtro denominado separador de partículas de alta eficiencia que retiene aquellas que tengan un tamaño mayor a $0,3 \mu\text{m}$. Por último se coloca un filtro bacteriológico que retiene bacterias y partículas mayores a $0,01 \mu\text{m}$.

Con esto, si bien no se puede determinar la concentración de las mismas se garantiza que el tamaño de las partículas contenidas no superan los $5 \mu\text{m}$.

Dado que la norma nacional sugiere que se disponga de dos unidades acondicionadoras, formando parte de ella los filtros, es que la cadena de filtración se encontrará duplicada. El cambio entre una cadena de filtrado y otra, dependerá del grado de colmatación de cada uno de ellos, con lo cual es necesario que los filtros dispongan de un indicador visual que indique el estado de los mismos. Este indicador visual es un manómetro que mide la presión diferencial entre la entrada y la salida del filtro, que indica que a mayor caída de presión, es mayor el grado de colmatación del elemento filtrante.

Para determinar el filtro adecuado se debe conocer el caudal y la presión de trabajo. Según esta última, se deberá aplicar un factor de corrección proporcionado por el fabricante para determinar la elección correcta. El Factor de corrección multiplicado por el caudal de trabajo, dará como resultado el caudal que se tendrá que tener en cuenta para la elección del filtro.

$$\text{Caudal adaptado} = \text{Caudal de trabajo} * \text{Factor de corrección para flujo volumétrico}$$

Sobrepresión de trabajo	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Factor de corrección para flujo volumétrico	0,52	0,63	0,75	0,88	1	1,13	1,26	1,38	1,52	1,65	1,76	1,87

TABLA 34. FACTORES DE CORRECCIÓN. FILTROS KAESER S.A

Según la Tabla 34 a mayor presión mayor es el caudal que se debe compensar para la elección del filtro.

A modo de ejemplo, en el caso particular de la sala, el caudal es de 0,914 m³/min y la presión de trabajo es de 7 bar, con lo cual, no es necesario aplicar ningún factor de corrección. Cualquier filtro que supere este caudal podrá ser instalado en la sala.

3.5 ABSORBEDOR

Es una tecnología de secado que se aplica cuando el caudal no supera los 400 litros/min, que emplea torres que contienen material absorbente el cual debe ser renovado periódicamente, y debido a que el valor de punto de rocío que se puede alcanzar es limitado (+40°C) es que no se sugiere su utilización dentro de la cadena de generación de aire comprimido medicinal.

Según lo consultado, este tipo de tecnología se utiliza en aplicaciones como: pintura, herramientas neumáticas, corte de plasma, y consultorios odontológicos.

3.6 CATALIZADOR

Este dispositivo tiene la finalidad de oxidar el monóxido de carbono presente en el aire para transformarlo a dióxido de carbono, logrando así un compuesto inofensivo. Este compuesto proviene principalmente (en un 84%) de la combustión incompleta generada por los automóviles. Dado que, como se explicará en el Capítulo siguiente, la toma de aire se realiza en el exterior del hospital, a casi 10 metros del suelo, es que no se sugiere la utilización del mismo.

El monóxido de carbono será monitoreado, y en caso de que los niveles del mismo no cumplan con lo sugerido con la normativa internacional, es que se debe considerar el mismo. Mientras tanto, la nueva instalación no contará con el mismo.

3.6 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En cuanto a la instalación eléctrica se pretende conservar la forma de arranque de los compresores, pero automatizar el funcionamiento de cada uno de ellos. El motivo por el cual se sugiere seguir con el modo de arranque estrella-triángulo radica en las recomendaciones por parte de la norma AEA 90364: Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles, Parte 7, Sección 710: Viviendas, oficinas y locales (unitarios), que establece:

- Para determinar el método de arranque adecuado se deben estudiar las perturbaciones que el mismo pueda producir en la instalación;
- Para una instalación existente el sistema de arranque a elegir será aquel que asegure que la caída de tensión en la red no alcance valores inadecuados para otros equipos conectados en el circuito. Los valores de caída de tensión admisibles para circuitos de uso específico que alimentan únicamente motores son: 5% en régimen y 15% en el arranque;
- Para una instalación nueva o una ampliación de la instalación existente, se debe proyectar de manera tal que se limite las perturbaciones eléctricas por medio de una adecuada elección de las secciones del conductor y los métodos de protección y arranque del motor.

Una perturbación armónica es una forma de contaminación eléctrica que puede causar problemas si la suma de los armónicos sobrepasa ciertos límites. Estas perturbaciones de voltaje y corriente son creadas por cargas no lineales conectadas a los sistemas de distribución de potencia. Por lo mencionado, y dado que los arrancadores suaves son dispositivos que incrementan las perturbaciones armónicas en la red eléctrica y generando una baja calidad en la distribución de la misma es que se decide continuar con el arranque estrella-triángulo. Si bien se puede utilizar el método de arranque suave, la red debe modificarse dado que la misma requiere la instalación de filtros activos y pasivos.

A nivel económico, si bien la diferencia en la aplicación de estos métodos no es notoria, en caso de que falle el módulo de arranque suave, el mismo debe ser reemplazado en su totalidad, mientras que el módulo de arranque estrella-triángulo tiene la ventaja de poder reemplazar sus componentes de manera parcial.

Por otro lado, el mantenimiento del módulo de arranque suave requiere de personal capacitado en su manipulación que podría generar alta dependencia del hospital con el fabricante.

Según lo consultado a especialistas, la instalación de arrancadores suaves se justifica en motores de mayor potencia que los que se encuentra en el hospital, y para redes eléctricas que en las cuales este tipo de influencia no son significativas.

Como mencionamos anteriormente, la sala cuenta con un sistema manual de conmutación entre las unidades compresoras lo cual implica que el cambio de cada una de ellas dependa de la presencia de personal en el hospital. A su vez, al no contar con un sistema de supervisión y alarmas la única forma de saber si existe alguna falla en la misma es que el personal se encuentre dentro de ella o que los equipos activen sus propias alarmas, lo que significa que el aviso al personal se realice ante una situación crítica para el hospital dado que la presión de distribución cayó por debajo de valores críticos. Además, este modo de trabajo no permite planificar correctamente el mantenimiento preventivo que se le debe realizar a los compresores, ya que no se tiene un seguimiento adecuado de cuánto tiempo funciona un compresor u otro. Por otro lado, se debe implementar un sistema que controle parámetros que hacen referencia a la calidad del aire suministrado el cual si no es correcto indica otras fallas existentes dentro de la sala. Por este motivo, es que sugiere utilizar un circuito lógico programable (PLC) el cual permite mediante su programación automatizar el arranque y conmutación de los compresores en estado normal, implementar el sistema de supervisión y alarmas (temperatura, punto de rocío, monóxido de carbono, indicadores de equipos en funcionamiento y contador de horas de servicio), como así también dar respuesta ante fallas en los sistemas de compresión para poder seguir suministrando aire medicinal a la red.

Este sistema centralizado de supervisión permite realizar una extensión de las alarmas en los distintos servicios, permitiendo así que el personal capacitado o que hace uso de este gas medicinal, disponga de información relevante para la toma de decisiones priorizando la continuidad del suministro.

La adquisición a nivel monetario de este dispositivo no es elevada, y teniendo en cuenta la importancia del mismo dentro del hospital es que se sugiere que el mismo sea contemplado.

4. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SALA

Para esquematizar la relación de los distintos componentes que formarán parte de la sala de máquinas de aire comprimido medicinal, se presenta un diagrama en bloques.

El circuito neumático comienza con la toma de aire por parte de los compresores, que luego, una vez comprimido pasa por el respectivo postenfriador y separador de líquido. La conexión entre este último y el colector cuenta con tres válvulas: solenoide, de corte y antiretorno.

Del colector surgen dos conexiones con sus respectivas válvulas de corte: por un lado se conecta al tanque de reserva y por otro lado se conecta directamente al cuadro de maniobra de los secadores frigoríficos. Esta última conexión se realiza para evitar que se interrumpa el suministro del aire comprimido por parte de los compresores al resto de la red en caso de que falle el tanque de reserva o en caso de tener que realizar el mantenimiento preventivo al mismo.

Luego, el aire comprimido pasa por uno de los dos secadores frigoríficos dependiendo la posición de las válvulas de corte en el correspondiente cuadro de maniobra.

Para finalizar con el tratamiento del aire el colector comunica, dependiendo el estado de las válvulas, el aire proveniente de la etapa de secado o de la batería de cilindros al cuadro de maniobra de los filtros. En dicho cuadro de maniobra, se pueden realizar las combinaciones necesarias tal que permita asegurar la calidad de aire medicinal a la salida del mismo.

El sensor de punto de rocío y el monitor de monóxido de carbono se ubican entre los filtros y la cañería troncal, para monitorear la calidad del aire que se está distribuyendo a la red.

La cañería troncal dentro de la sala cuenta con una válvula de corte principal, y fuera de ella se instala un medio de conexión con las respectivas válvulas para el conjunto de suministro de mantenimiento.

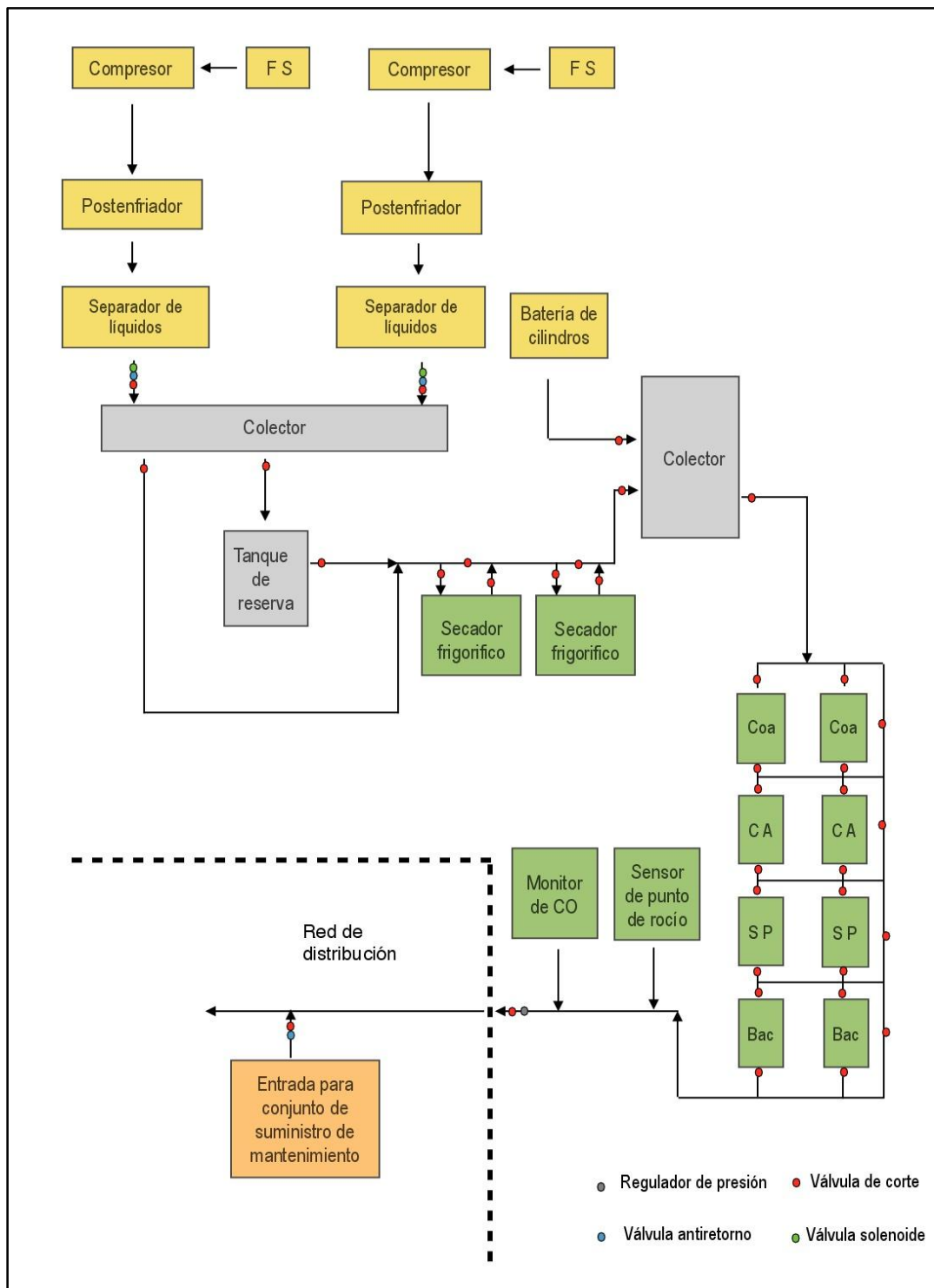


ILUSTRACIÓN 67. INTERCONEXIÓN ENTRE LOS DISTINTOS COMPONENTES DE LA SALA

En esta última ilustración no se visualiza la batería de cilindros correspondiente a la herramienta quirúrgica por lo que se explicará a continuación.

5. INSTALACIÓN PARA HERRAMIENTA NEUMÁTICA

Como se presentó en el Capítulo III, dentro del equipamiento del hospital existe un equipo de traumatología neumático para realizar intervenciones quirúrgicas. En la actualidad, el accionamiento del mismo se realiza a través de cilindros de nitrógeno o de aire medicinal ya que la sala de aire comprimido no es capaz de abastecer el pico de consumo que demanda el equipo.

Dado el peligro que conlleva la utilización de cilindros dentro de un quirófano, es que se plantea que el gas para impulsar la herramienta neumática se realice en la sala de máquinas. En este caso, existen dos posibilidades: que el aire comprimido utilizado sea el generado por el sistema de compresores o que sea provisionado por una batería de cilindros.

El primero de los casos tiene dos desventajas relacionadas al consumo del equipo: primero en principal es la disminución de presión que puede producir este equipo a lo largo de la red de distribución, lo que conlleva a una situación de riesgo para los equipos de respiración y anestesia; y por otro lado se debe realizar un sobredimensionamiento de los equipos instalados dentro de la sala, ya que al tener un consumo de 400 L/min, y al tener un tanque de reserva con una capacidad de 500L el mismo no es capaz de almacenar aire comprimido durante el tiempo que se esté utilizando el equipo traumatológico. Por esta razón, y dado que existe una cañería de óxido nitroso que nunca fue utilizada, que comienza en la sala de vacío y llega a cada uno de los quirófanos presentes en el hospital, es que se plantea colocar una batería de cilindros adyacente a los cilindros dispuestos como fuente de suministro de reserva. Quedando supeditada la utilización de esta cañería a los ensayos presentados en el Anexo 7 “Recomendaciones”.

Para determinar la cantidad de cilindros que formarán parte de la batería de cilindros y teniendo en cuenta que la presión de trabajo del equipo de traumatología se encuentra en el rango de 6 a 8 bar, y según la siguiente ecuación se plantea:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

Siendo:

$$V_1 = 44 \text{ L}$$

$$P_1 = 125 \text{ Bar}$$

$$P_2 = 6 \text{ Bar}$$

Despejando V_2 se obtiene un volumen de 916,66 L

Dado el volumen resultante, un cilindro de 44L a 125 bar puede ser utilizado durante 2,29 min.

Según lo consultado a traumatología y a distribuidores de equipos médicos neumáticos, un cilindro de esas características puede durar hasta 3 cirugías si en las mismas únicamente se realizan perforaciones, o durar únicamente 2 intervenciones si se hace uso de la sierra dado que el tiempo que consume es mayor. A su vez, según lo consultado en quirófano y al personal que hace uso del equipo, la utilización del mismo no excede las dos veces al mes, dado que existe la posibilidad de utilizar equipos que funcionan a batería. Además, se debe tener en cuenta que luego de utilizar el equipo debe ser esterilizado, lo que conlleva que el mismo esté fuera de funcionamiento por al menos 3 días. Si se considera este último factor que es el más desfavorable, el equipo por mes no podría ser utilizado más de 10 veces, con lo cual, si consideramos que duración media de un cilindro es de dos intervenciones, la rampa debería estar formada por 6 cilindros. Estos 4 cilindros, en caso de no estar bajo la condición desfavorable, tendrán que ser recargados cada 6 meses.

Si bien la norma nacional establece que para el accionamiento de herramientas quirúrgicas la sala debe contar con dos fuentes de suministro, dado que el hospital cuenta con una única herramienta, y ya que la función de la misma se puede reemplazar por otros equipos de traumatología existente en el hospital (razón por la cual se utiliza en promedio dos veces al mes la herramienta neumática) es que se plantea una única fuente de suministro.

Además de la adquisición de los cilindros, antes de realizar la instalación de los mismos es necesario realizar los ensayos correspondientes a las cañerías de óxido nitroso para determinar el estado de las mismas (ver Anexo 7) y en base a ello tomar las medidas necesarias, como así también realizar el cambio de los acoples de existentes en los paneles de gases médicos que deben ser diferenciados a su vez de los acoples de aire medicinal utilizado para la mesa de anestesia.

6. COTIZACIÓN RELEVADA PARA NUEVOS ELEMENTOS DE LA SALA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

En la siguiente tabla se presentan distintos fabricantes con las características técnicas proporcionada por los mismos.

Componente	Tipo	Marca	Modelo	Características	Precio
Cilindro	Aire comprimido	Air liquide	-	<ul style="list-style-type: none"> 44 litros a 125 bar 	Alquiler mensual: \$100 Recarga: \$140
Central Semiautomática (manifold)					\$1900
Módulo de conexión				<ul style="list-style-type: none"> De 5 bocas para aire medicinal 	\$1000
Postenfriador	Aire-Aire	Air Products	P.E 3 A 300	<ul style="list-style-type: none"> Caudal de Postenfriador: 3000 l/min Presión máxima de trabajo: 12 bar Tablero de comando provisto de pulsadores de marcha/parada y protecciones para el motor del electroventilador 	\$33.000,00 + IVA ²
Secador frigorífico	Con masa térmica	Kaeser	TA-11	<ul style="list-style-type: none"> Caudal de 1,25 m³/min Presión: 8,5 bar Punto de rocío +3°C Peso 108 kg Agente frigorífico ecológico R134A Equipado con purga electrónica ECO-DRAIN 	U\$S 2671,00 + IVA ²
	Sin masa térmica	Kaeser	TBH-23	<ul style="list-style-type: none"> Caudal de 2,2 m³ /min Presión: 8,5 bar punto de rocío +3°C Peso 46 kg Agente frigorífico ecológico R134A No tiene purga automática 	U\$S 1622,00

² El IVA (10,5%) no incluye flete, instalación como así tampoco los elementos necesarios para la descarga del equipo en el momento de la entrega. Empresa de Buenos Aires.

		Air Products	-	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal de secado: 1900 l/min • Presión máxima de trabajo: 12,3 bares • Temperatura máxima de ingreso a secadora: 38 °C • Punto de rocío: 10°C • Compresor frigorífico de bajo consumo: 0,5 Kw (220V) 	\$33.800,00 + IVA ²	
Secador por adsorción	-	Kaeser	DC12	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo volumétrico: 1,17 m³/min • Punto de rocío: -40°C • Peso: 165 kg • Contiene pre y post filtro 	U\$S 5162,00	
Filtros	Separador de líquido	Drecaft	FCD L60		\$3134,00 + IVA	
	Separador de partículas	Drecaft	FCD SP60	<ul style="list-style-type: none"> • Poder de filtrado: 0,3μ 	Carcasa \$2852,00 + IVA y cartucho U\$S 138,00	
	Coalescente		Kaeser	F16KA	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal de 1,6 m³/min • Presión de trabajo de 2 a 16 bar • Temperatura ambiente 3-50 °C 	U\$S 309,00
			Drecaft	FCD C	<ul style="list-style-type: none"> • Poder de penetración: 1 μ a 0,3 μ 	\$3382,00 + IVA
			Micro	QBM4	<ul style="list-style-type: none"> • Poder de filtrado: 40 μ • Temperatura: 60°C • Presión de trabajo: 0 a 10 bar • Capacidad de condensados: 66 cm³ 	\$1410+IVA ²
			Micro	QBM4	<ul style="list-style-type: none"> • Poder de filtrado: 5 μ • Temperatura: 60°C • Presión de trabajo: 0 a 10 bar • Capacidad de condensados: 66 cm³ 	\$1550 + IVA ²

	Carbón activo	Kaeser	F16KE	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal de 1,6 m³/min • Presión de trabajo de 2 a 16 bar • Temperatura ambiente 3-50 °C 	U\$S 309,00
		Kaeser	F16KB	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal de 1,6 m³/min • Presión de trabajo de 2 a 16 bar • Temperatura ambiente 3-50 °C 	U\$S 309,00
		Drecaft	FCD A60		\$3825,00
		Micro	QBM4	<ul style="list-style-type: none"> • Presión de trabajo de 0 a 10 bar • Temperatura máxima 60°C • Poder de penetración: 0,01 μ 	\$3690 + IVA ²
	Bacteriológico	Drecaft	FCD SH60		Carcasa \$2852,00 + IVA y cartucho U\$S 366,00 + IVA
	Microbacteriológico	Drecaft	FCD SM60		Carcasa \$2852,00 + IVA y cartucho U\$S 144,00 + IVA
	Submicrónico	Micro	-	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: desde 1,5 a 50°C • Presión de trabajo: 0 a 10 bar • Poder filtrante: 99,99 % • Sólidos 0,01 μ 	\$3480 + IVA ²
Filtro de entrada de aire	Seco	Mahle	-	-	\$300
Tanque de reserva		Tausem		<ul style="list-style-type: none"> • 500 litros • Galvanizado 	
Purgador automático	-	Drecaft	DA100		2740+IVA
Colector					\$7000

Sensor de punto de rocío	-	Tenmars		<ul style="list-style-type: none"> Rango de temperatura: -20°C a 60°C Rango de punto de rocío: -30 a 100°C Humedad relativa: 1% a 99% 	U\$S 949
Sensor de temperatura	-	HVAC Industrial Sensor	TC2-2PC	<ul style="list-style-type: none"> Rango de temperatura -50°C a +400°C 	U\$S 11,99
Monitor de monóxido de carbono				<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de detección: 0 a 00 ppm Alimentación de 100 a 240V 50-60 Hz Salida de 4 a 20 mA 	U\$S 256

TABLA 35. CARACTERÍSTICAS Y PRECIOS DE LOS COMPONENTES POSIBLES DE LA SALA DE MÁQUINAS

Componente	Modelo	Características	Precio
Arrancador suave	Siemens Sirius Modelo 3RW3018-1BB14	<ul style="list-style-type: none"> 17 A 7,5 KW 	\$5730
Contactador	Siemens 4AN20	<ul style="list-style-type: none"> 230 C.A 40 A 	\$3295
Relé térmico	Siemens 4AB0	<ul style="list-style-type: none"> 25 A 	\$1045
PLC	Siemens LOGO 8 6ED1052	<ul style="list-style-type: none"> 8 entradas 4 salidas Alimentación 220V Conexión ethernet Web Server 	\$3847,40
Módulo de extensión para PLC	Siemens 6ED1055	<ul style="list-style-type: none"> 4 entradas 4 salidas 	\$2033,90

TABLA 36. CARACTERÍSTICAS Y PRECIO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS

7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Según lo analizado en los apartados anteriores, se presentan las especificaciones técnicas de los elementos que formarán parte de la sala.

Componente	Especificaciones técnicas
Postenfriador	<ul style="list-style-type: none"> ● Caudal de 1,3 m³/min y presión entre 7 y 14 bar
Separador de líquidos	<ul style="list-style-type: none"> ● Con drenaje automático ● Caudal de 1,3 m³/min y presión entre 7 y 14 bar
Tanque de reserva	<ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de 500 litros ● Con manómetro, válvula de alivio de presión y drenaje automático ● Presión máxima permitida de 11 bar
Secador frigorífico	<ul style="list-style-type: none"> ● Presión y caudal de trabajo de 7 bar y 0,9 m³/min respectivamente ● Temperatura ambiente considerada de 28,1°C ● Temperatura de ingreso del aire de 35°C ● Contenga un medio de almacenaje térmico, también llamado “masa térmica” ● Contenga purga automática
Filtro coalescente	<ul style="list-style-type: none"> ● Presión y caudal de trabajo de 7 bar y 0,9 m³/min respectivamente ● Retenga partículas entre 0,3 y 1 μm, o mejor. Con un eficacia del 99%. ● La carcasa debe poseer un manómetro diferencial o indicador de eficacia
Filtro de carbón activo	<ul style="list-style-type: none"> ● Presión y caudal de trabajo de 7 bar y 0,9 m³/min respectivamente ● La carcasa debe poseer un manómetro diferencial o indicador de eficacia
Separador de partículas de alta eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> ● Presión y caudal de trabajo de 7 bar y 0,9 m³/min respectivamente ● Retenga partículas mayores a 0,3 μm, o mejor. Con un eficacia del 99%. ● La carcasa debe poseer un manómetro diferencial o indicador de eficacia
Filtro bacteriológico ³	<ul style="list-style-type: none"> ● Presión y caudal de trabajo de 7 bar y 0,9 m³/min respectivamente ● Retenga partículas y bacterias mayores de 0,01 μm, o mejor. Con un eficacia del 99%. ● La carcasa debe poseer un manómetro diferencial o indicador de eficacia
Tuberías	<ul style="list-style-type: none"> ● Cañerías de cobre tipo K sin costura
Cilindros	<ul style="list-style-type: none"> ● Aire Medicinal ● 44 L a 125 bar
Contactores para arranque estrella-triángulo	<ul style="list-style-type: none"> ● Dimensionado según la potencia de trabajo del compresor (10 HP)
Relé de sobreintensidad	<ul style="list-style-type: none"> ● Dimensionado según la potencia de trabajo del compresor (10 HP)
PLC	<ul style="list-style-type: none"> ● 5 entradas y 11 salidas ● Módulo de conexión de tarjeta SIM

TABLA 37. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES DE LA SALA

³ Indicar método recomendado de esterilización

CAPÍTULO VI: IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO

Este capítulo engloba todo lo investigado, relevado y analizado en los capítulos anteriores para poder realizar la ampliación y modificación de la instalación existente de la sala de aire comprimido medicinal. El objetivo principal es proporcionar recomendaciones para llevar a cabo la misma, teniendo en cuenta la continuidad del suministro que garantice la seguridad de los pacientes durante este proceso. Para ello es necesario la asignación de responsabilidades a cada una de las personas que van a llevar a cabo las modificaciones como así también del personal técnico y clínico del hospital, para minimizar los riesgos resultantes de la utilización incorrecta del sistema.

1. ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN

Este apartado tiene como objetivo establecer las etapas de implementación para llevar a cabo la propuesta seleccionada. Para ello es necesario realizar ciertas modificaciones antes de realizar la instalación de los equipos considerando siempre la continuidad del suministro del gas medicinal. Las mismas, se presentan en dos etapas.

PRIMERA ETAPA

Las primeras medidas que se deben llevar a cabo son:

1. Antes de realizar la instalación de los equipos y componentes en la sala, se considera primordial realizar la *verificación del estado y el ensayo de la red de distribución* de las cañerías correspondiente a este gas medicinal ya que durante el relevamiento que se realizó se pudo observar que en algunos puestos de consumo la presión disminuye a valores críticos (3,6 bar en Sector A y 3,8 bar en Quirófano). La norma sugiere que la caída de presión permisible es de un 10 % menor que la presión nominal de la red, es decir que la caída de presión no debe ser mayor a 0,6 bar, teniendo en estos casos una caída entre 2,2 bar y 2,4 bar. Los respiradores requieren como mínimo una presión de 2,8 bar mientras que las mesas de anestesia requieren una presión de 3,4 bar. Algunos servicios cuentan con trampas de agua que requieren una presión mínima de 3,5 bar para que se cierre la válvula de purga, con lo cual este es otro factor a considerar. Es por ello que consideramos importante que

este problema sea solucionado, dado que si la caída de presión sigue en aumento no se van a poder utilizar estos equipos de soporte de vida.

Es posible que la caída de presión se deba a fugas a lo largo de la red de distribución. Si bien es posible que los elementos existentes dentro de la sala generen caídas de presión, según lo consultado con especialistas en el tema, entre el 40 y 70% de las pérdidas se dan en los últimos tramos de la red, es decir, en la toma de aire existente en los paneles de gases médicos. Otra causa probable de caída de presión es la distribución de aire húmedo. Si se realiza el tratamiento de secado adecuado del aire comprimido y sigue existiendo caída de presión, puede deberse a la existencia de agua en la red de distribución, los cuales contienen impurezas que arrastra el aire comprimido y que reducen la sección de las tuberías al mínimo, produciendo así una caída de presión. Solucionar este problema tiene como ventaja aumentar el periodo de descanso de los compresores, dado que en el estado que se encuentra en la actualidad las cañerías, el mismo está fuera de funcionamiento durante 38 minutos. Se presenta en el Anexo 7 “Recomendaciones” los ensayos recomendados por la normativa nacional.

2. *Retirar de la sala el conducto de ventilación central* que se encuentra fuera de uso dado que en la actualidad produce acumulación de polvo y en un futuro tomaría aire proveniente del exterior del hospital y lo conduciría hacia el exterior de la sala;
3. *Ampliar la sala* dado que las dimensiones actuales no permiten adaptar los elementos existentes a los requerimientos de la normativa. La sala cuenta con un área de 12.24 m² y en dicho lugar no se pueden ubicar los dos compresores existentes con el juego de colectores, tanque de reserva, par de secadores, juego de filtros y 26 cilindros (20 para respiración y 6 para accionamiento de herramienta quirúrgica). Se plantea la ampliación hacia el lado de la zona de estacionamiento de automóviles para poder separar la sala de compresores de la sala que contiene los cilindros siguiendo las recomendaciones de la norma NFPA 99. Esta norma sugiere, además, que los cerramientos para la sala tengan una resistencia al fuego de por lo menos una hora.

El espacio que se pretende ampliar la sala es hasta una columna ubicada a 3,2 metros de la pared del lado izquierdo ganando así una superficie aproximada de 11,52 m².

4. Una vez realizada la ampliación se debe considerar mejorar la *carpintería* de la sala para evitar tanto el ingreso de personal no autorizado como así también el aire de las zonas adyacentes. La puerta actual que existe no permite que la misma sea cerrada. Si bien debe

haber un intercambio de aire entre el exterior y la sala para brindar una correcta ventilación a la misma, este intercambio de aire se debe realizar a través de una grilla provista de una rejilla o elemento dispuesto de tal manera que evite el ingreso de partículas sólidas desde la zona de estacionamiento hacia el interior de la sala. Para el mejor aprovechamiento del espacio de la sala actual, la puerta debe ser reubicada en la ampliación propiamente dicha. Si se utiliza la misma puerta, la misma deberá ser reacondicionada. A su vez, se plantea a futuro colocar una puerta que comunique ambas salas;

Dado que la nueva sala almacena cilindros, la misma debe estar correctamente ventilada.

5. Una vez realizada la ampliación, en ella se debe instalar:
 - Colector con acoples de entrada para batería de cilindros de aire medicinal para respiración humana y secadores frigoríficos. A la salida, conexión con el cuadro de maniobra de la cadena de filtros. A su vez, debe disponer de un purgador automático y válvulas de corte a la entrada y a la salida de cada elemento;
 - Batería de cilindros con sus accesorios correspondientes (manifold, reguladores de presión, válvula de retención, válvula de alivio, sistema de conmutación semiautomática);
 - En una primera instancia no es necesario que se realice la instalación completa de la cadena de filtros, se puede adquirir primero 4 filtros y luego los 4 restantes, pero el periodo entre ambas acciones no debe superar los 6 meses dado que es el tiempo de vida útil estipulado por el fabricante;
 - Batería de cilindros para accionamiento de herramienta quirúrgica con sus respectivos accesorios (manifold, reguladores de presión, válvula de retención, válvula de alivio), y su conexión con la red de distribución destinada a tal fin. A su vez se debe realizar el cambio del acople (con la correspondiente señalización) para permitir la conexión de la herramienta neumática en cada sala de cirugía.
6. Una vez concluido el ítem anterior, se debe programar un corte de suministro por un periodo de tiempo, que no exceda las 8 horas, para llevar a cabo las siguientes tareas:
 - Conexión de la salida de la cadena de filtrado a la cañería troncal;
 - Conexión sensor de punto de rocío y monitor de monóxido de carbono entre la cadena de filtrado y el regulador de presión;

- Conexión de regulador de presión en la cañería troncal, aguas abajo de los elementos antes mencionados;
- Válvula de corte principal del sistema de suministro primario, secundario y de reserva;
- Conexión para conjunto de mantenimiento de suministro con acople de doble rosca, válvula de alivio de presión, válvula de retención, y válvula de corte principal. Ubicado aguas abajo de la válvula de corte principal de los sistemas de suministro.

Una vez concluido esto, se debe reestablecer la provisión de aire medicinal por parte de las unidades compresoras.

7. Se debe eliminar la comunicación que existe entre la sala de aire comprimido y la sala de vacío, dado que este último se encuentra en contacto con el paciente ya que su función (entre otras) es la de realizar una limpieza de las vías respiratorias, drenajes generales o secreciones y limpieza de heridas en cirugía, y si bien antes de ingresar a la red el material patológico queda contenido en un recipiente para tal fin, el aire expulsado estuvo en contacto con el paciente. Si ocurre alguna falla en el sistema de vacío, y existe comunicación entre la sala aire medicinal y vacío, el aire contaminado puede ser tomado por los compresores para su posterior compresión, generando así una contaminación cruzada entre los distintos gases medicinales.
8. Se debe planificar, coordinar y programar de manera conjunta con los servicios que disponen de puestos de consumo para este gas, el momento en que se realizará el corte de suministro momentáneo dado que es necesario sacar de funcionamiento las unidades compresoras y realizar el suministro mediante el conjunto de mantenimiento. El contratista de la obra debe elegir el medio o equipo que considere conveniente para abastecer al hospital durante el tiempo que dure este proceso de modificación de la sala.
9. En conjunto con el ítem anterior, se debe realizar la gestión de compra de los elementos primordiales para poner en funcionamiento nuevamente la sala, y no depender durante demasiado tiempo de la provisión por parte del conjunto de mantenimiento ya que esto agrega un costo que se puede evitar con la correcta gestión de compra de los mismos. Los componentes que consideramos primordiales son los siguientes:
 - Tanque de reserva con purgador automático, manómetro y válvula de alivio de presión;

- Postenfriadores con separador de líquido;
- Secador frigorífico;
- Filtro de aire seco;
- Colector con purgador automático.

10. Se procede a retirar los elementos existentes de la sala para poder remover la base de hormigón. Luego, se debe llevar a cabo el estudio del suelo para determinar si es necesario realizar otra elevación de hormigón para posteriormente instalar el medio anclaje de las unidades compresoras. Una vez retirada la base, se debe conservar el medio de desagüe existente.

Además, se deben retirar los zócalos existentes en las paredes porque luego en ella se realizará la instalación de colectores, filtros, cuadros de maniobra, etc.

11. Se debe determinar y realizar el mantenimiento necesario al compresor que se encuentra fuera de funcionamiento actualmente en el hospital.
12. Se debe instalar una puerta que comunique ambas salas. La dimensión de la misma debe ser tal que permita el ingreso y egreso de los equipos que forman parte de la sala, sin que esto implique riesgo o dificultad para el personal que realice dicha tarea.
13. Se debe realizar la instalación de un conducto para tomar el aire desde el exterior del hospital, para que una vez realizada la instalación de los componentes faltantes de las unidades compresoras, los mismos comiencen a trabajar con aire de mejor calidad que el aire utilizado en la actualidad, dado que, como se explicó y presentó en el Capítulo 3, la toma de aire se realiza en el interior de la sala, la cual se encuentra adyacente a la zona de estacionamiento, con ventilación exterior hacia otro estacionamiento del hospital, comunicada con la sala de vacío, y sin cerramientos, con lo cual el aire utilizado para la generación de aire medicinal proviene de dichos lugares. La normativa utilizada en este proyecto, tanto nacional como internacional, sugiere que la toma de aire atmosférico no se realice en zonas que contengan contaminación proveniente del escape de motores, estacionamiento de automóviles, zonas de acceso, escape de sistema de vacío como ningún lugar que contenga partículas considerables y olores de cualquier tipo, es decir, que bajo ningún motivo en la actualidad se cumple con lo sugerido en las normas.

Por esta razón es que se propone que la toma de aire sea a los cuatro vientos en el exterior del hospital, concretamente en la terraza del mismo. Pudiendo ser eliminada la comunicación entre las zonas de estacionamiento interior, exterior y sala de vacío.

Dada la ubicación del hospital se investigó sobre la contaminación del aire en dicha zona, ya que la calidad del mismo repercute en la cadena de filtración posterior. Se consultó a la Municipalidad de Córdoba sobre datos concretos o estadísticas de la polución en la ciudad, pero la misma no cuenta con datos del lugar o de la zona, y los datos existentes de zonas aledañas tienen más de 10 años. Por esta razón, es que se utilizó una investigación desarrollada en el año 2010 denominada "Air quality monitoring system using lichens as bioindicators in Central Argentina" realizada por el Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables (CERNAR) perteneciente a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de nuestra universidad. La investigación tuvo lugar en la ciudad de Córdoba en un radio de 24 km en donde se tomaron 576 estaciones de muestreo, en las cuales se colocaron colonias de líquenes cuya función es la de ser los bioindicadores de la calidad del aire en el lugar que se encuentran dado que los mismos son sensibles a factores ambientales, entre ellos la polución. El aire muestreado pertenece a una altura no mayor a los 2 metros, ya que las colonias se colocaron en árboles. Luego, transcurrido un tiempo, se midió si las colonias en cada estación habían proliferado o no. Los datos arrojados muestran que la zona centro de la ciudad de Córdoba presenta mayor contaminación ambiental que el resto de los lugares, y con el paso del tiempo el radio se expande cada vez más. La investigación fue llevada a cabo por la Dra. Cecilia Estrabou, la cual nos explicó que si bien zona centro es la más contaminada, al realizar la toma de aire en la terraza del hospital, que se encuentra ubicada a una altura de 9 metros del suelo, por el peso de los elementos contaminantes los mismos se encuentran más cercanos al suelo, y mientras más alto se realice la toma de aire, de mejorar calidad será el aire atmosférico utilizado.

Dada esta recomendación, y siguiendo la norma internacional que sugiere que la toma de aire sea realizada a 3,05 metros de cualquier puerta, ventana, escape u abertura del edificio, y a una distancia mínima de 6,1 metros por encima del suelo, es que se establece que la toma de aire sea a 1 metro de la terraza del hospital. La misma será diseñada de forma tal que no se permita el ingreso de insectos, aves, escombros, etc.

SEGUNDA ETAPA

Una vez que la sala se encuentra en condiciones y teniendo los equipos considerados primordiales, se debe realizar la instalación de los mismos en conjunto con los compresores. La interconexión de los equipos será de la siguiente manera:

1. Conexión flexible entre el filtro seco y la entrada al cabezal de compresión (en ambos compresores);
2. Instalación de sensor de temperatura en el segundo cabezal (en ambos compresores);
3. Conexión flexible entre el segundo cabezal y el postenfriador (en ambos compresores);
4. Conexión de separador de líquido a la salida del postenfriador (en ambos compresores);
5. Conexión flexible entre separador de líquido (de ambos compresores) y colector. Cada entrada al colector debe disponer de: válvula solenoide, válvula de retención y válvula de corte manual.
6. Se debe disponer de dos conexiones a la salida del colector: por un lado una conexión flexible desde el colector al tanque de reserva (modo de funcionamiento normal) y otra conexión desde el colector al cuadro de maniobra de los secadores frigoríficos (modo de funcionamiento en caso de tener que realizar un mantenimiento al tanque de reserva o falla del mismo).
7. Instalación del cuadro de maniobra de los secadores frigoríficos con las respectivas válvulas de corte. Si bien en una primera instancia se realiza únicamente la instalación de un solo equipo, se recomienda dejar la instalación hecha.
8. Conexión entre la salida del cuadro de maniobra de los secadores frigoríficos al segundo colector instalado en la sala de cilindros.

Si en esta etapa se concretaron las reparaciones correspondientes en el compresor que se encontraba en mantenimiento, es necesario realizar el cambio del mismo para realizar el mantenimiento al compresor que se encuentra en servicio. Si esto no es así, se debe planificar dicha tarea. En cualquiera de los casos, se debe llevar un control por parte del personal de las horas de funcionamiento de cada uno de los compresores, dado que uno de los factores por los cuales se le realizará mantenimiento en un futuro se basa en las horas de funcionamiento del mismo. Este control

se debe realizar únicamente cuando la conmutación de los compresores es manual, ya que cuando se realice la automatización, este conteo será realizado por el PCL.

Una vez que los dos compresores se encuentran instalados en la sala con el correspondiente mantenimiento, se debe realizar el cambio de la instalación eléctrica existente. Los componentes del nuevo tablero eléctrico serán:

- Contactores para arranque estrella-triángulo para cada compresor (se deberá determinar si los existentes se pueden seguir utilizando o si es necesario hacer el cambio de los mismos);
- Relé de sobreintensidad para protección de cada compresor;
- PLC (si es necesario módulo de extensión) para automatización de la sala;
- Sensor de presión conectado al tanque de reserva;
- Llave de corte termomagnética principal para conexión y desconexión de la línea de alimentación;
- Switch para conmutación de modo manual a automático, o viceversa;
- Switch de selección compresor;
- Switch de selección de secador frigorífico que envíe señal de funcionamiento al panel principal de alarmas;
- Interruptor golpe de puño para parada de emergencia.

La sala a su vez debe disponer de un panel indicador de alarmas informativas, operacionales y operacionales de emergencia, diseñado según lo establecido en el Apartado 3 y Apartado 5 de este capítulo.

Una vez realizada la interconexión entre los equipos de la nueva sala de máquinas, se debe cerrar la abertura que quedó luego del traslado de la puerta. De esta manera el acceso será a través de la sala nueva que a su vez se encuentra comunicada con la sala vieja por medio de otra puerta.

Luego se deben realizar tareas para acondicionar las paredes que fueron dañadas durante los procesos de remodelación e instalación de los nuevos componentes. A su vez, para mantener en condiciones la sala es necesario llevar por medio de mangueras el drenaje de cada purgador hacia el desagüe existente en la misma.

2. HIGIENE Y SEGURIDAD

Aunque los puestos de trabajo dentro de la sala no son permanentes, se deberán considerar todas las medidas y acciones relativas a higiene y seguridad; las mismas deberán realizarse en simultáneo con cada una de las etapas de implementación antes mencionadas y las protecciones correspondientes deberán estar disponibles para la ejecución de las tareas.

2.1 RIESGO MECÁNICO

Este riesgo, dentro de la sala, se presenta en los siguientes componentes:

- La correa de los compresores, pueden producir lesiones por fricción y proyección;
- Los cilindros, pueden producir lesiones por proyección dado que los mismos contienen gases a presión, como así también lesiones por aplastamiento si es que no poseen los medios de sujeción adecuados.

En la actualidad solo un compresor cuenta con resguardo fijo, el cual evita, tanto la proyección de la correa en caso de que la misma se corte como así también el contacto entre el operario y la respectiva correa.

Dado que el compresor no tiene otro componente móvil, y el operario no debe trabajar sobre el mismo para accionar uno u otro compresor, se sugiere que se mantenga el resguardo fijo existente y que se integre al otro compresor la protección faltante. Al realizar mantenimiento del mismo, se sugiere que se tomen las medidas adecuadas para que el operario no entre en contacto con la parte móvil o con aquellas partes que puedan encontrarse a altas temperaturas. A su vez, debe asegurarse que el accionamiento de los mismos sea cambiado de modo automático a modo manual para evitar la posible conmutación cuando se trabaja sobre el mismo.

Por otra parte, los cilindros deben ser almacenados de manera tal, de evitar su caída y con ello prevenir una descompresión y proyección a causa de un golpe de la válvula contenida en la tapa tulipa. Además, ante la presencia de un operario, la correcta sujeción evita el riesgo asociado a aplastamiento.

2.2 RIESGO ASOCIADO A RUIDO

Según los datos presentado en el Capítulo III, apartado 5.4 “Riesgo asociado al ruido en el ambiente laboral”, las mediciones realizadas establecen que no es necesario que la sala cuente con

medios para prevenir a los operarios de dicho riesgo, dado que durante la jornada laboral, no se superan los 85 dB. Además, el nivel pico ponderado C no supera los 140 dB.

De ello se concluye que en ambos casos se cumple con los niveles de exposición establecidos por la normativa vigente.

2.3 RIESGO ELÉCTRICO

Dado que el accionamiento de los equipos se encuentra en la tapa frontal del tablero seccional, es que se deben tomar medidas al respecto. Primero en principal, el tablero debe contar con las medidas adecuadas de cerramiento, para evitar contacto con partes activas. Además, debe disponer de una instalación correcta de puesta a tierra dado que el personal entra en contacto con la carcasa del mismo.

En cuanto a señalización, es importante que el tablero tenga un cartel que indique “Riesgo Eléctrico”, como así también que la sala tenga en la entrada de la misma un cartel que indique “Acceso Restringido” para evitar el ingreso de personal no capacitado.

En caso de existir una interrupción en el suministro de energía eléctrica, es necesario que la sala disponga de luces de emergencia para que el operador pueda llevar a cabo las acciones correspondientes.

2.4 RIESGO DE INCENDIO

El aire comprimido medicinal es un gas que no presenta grado de inflamabilidad y reactividad, con lo cual sobre el mismo no aplica ningún agente extintor. De igual forma, en caso de producirse un incendio en la sala que contiene la baterías de cilindros, es importante que los mismos se alejen del lugar del incendio por ser una sustancia comburente y en caso de no ser posible esto, que los mismos se enfríen con bastante agua en el lugar ya que existe riesgo de sobrepresión y explosión debido al calor producido durante el mismo. Para esto último, adyacente a la sala de máquinas, existe un nicho hidrante.

Es recomendable a su vez, que la sala disponga de una correcta ventilación para evacuar el calor acumulado en caso de incendio. Otra sugerencia al respecto, que excede a la sala, es la prohibición de automóviles con GNC en el estacionamiento adyacente a la misma, dado el riesgo que conlleva que los mismos se encuentren en subsuelo.

Además, siguiendo con las recomendaciones de la norma NFPA 99, las paredes de la ampliación de la sala donde se almacenarán las baterías de cilindro debe realizarse de mampostería de ladrillo hueco con un espesor mínimo de 14 cm, lo que asegura una resistencia al fuego de una hora.

3. FUNCIONAMIENTO DE LA SALA

La sala deberá contar con los medios necesarios para que el funcionamiento de sus componentes sea manual y/o automático. En el caso de los compresores, el accionamiento normal de los mismos será de manera automatizada, pero en caso de presentarse alguna falla o tener que realizar mantenimiento se deben conmutar a modo manual. En cuanto a la elección de los secadores frigoríficos y la cadena de filtros, la misma será únicamente manual. Esta última conmutación dependerá del correcto funcionamiento de cada uno de ellos: en caso de presentar falla o tener que realizar mantenimiento, se deberá realizar la correspondiente conmutación y en caso de que el funcionamiento sea normal, se deberá alternar una vez por mes para generar así un desgaste parejo en los mismos.

A continuación se explica el funcionamiento automático y manual de los compresores.

3.1 FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE LOS COMPRESORES

Para poder llevar adelante la generación de aire comprimido medicinal se diseñó, bajo las normativas adoptadas, un sistema de automatización para el manejo integral de los componentes y el sistema de supervisión y alarma de la sala. El mismo se presenta en un diagrama de flujo (ver Anexo 5).

Este sistema de automatización tiene la función de monitorear los siguientes parámetros:

- Punto de rocío aguas abajo de las unidades acondicionadoras (no debe ser mayor o igual a 4°C);
- Monóxido de carbono aguas abajo de las unidades acondicionadoras (no debe superar las 10 ppm);
- Temperatura del segundo cabezal en cada compresor (no debe ser menor de 40°);

- Presión mínima y máxima del tanque de reserva (entre 4 y 6,5 bar);
- Presión baja sostenida en la red;
- Tiempo de funcionamiento de cada unidad compresora;
- Funcionamiento de compresores o batería de cilindros;

Para poder coordinar estas tareas se utilizará un controlador lógico programable (PLC por sus siglas en inglés). El mismo se encargará de realizar las siguientes funciones:

- Generar señales visuales y auditivas (según corresponda) en diversas situaciones en que el sistema de supervisión de la red así lo requiera;
- Actuar ante situaciones en que se produzca alguna falla en cualquiera de los sistemas de compresión;

La puesta en marcha de la sala debe hacerse por única vez de manera manual, dejando que el compresor seleccionado trabaje durante un ciclo de compresión para llevar a régimen los valores de la red de distribución y de los componentes de la sala de generación. Una vez realizado el ciclo, se debe conmutar a modo automático. Este último comienza monitoreando los valores de punto de rocío y monóxido de carbono. Si los mismos no cumplen con la norma (4°C para punto de rocío y 10 ppm para monóxido de carbono), se activará una alarma operacional que se desactiva únicamente de manera manual, pero la presencia de la misma no interrumpe la generación de aire comprimido medicinal.

Una vez realizado el monitoreo antes mencionado, se llega a un bucle donde se mide constantemente la presión en el tanque de reserva; si este tiene una presión por debajo de los 4 bar se debe dar arranque al sistema de compresión. Luego, una variable denominada "E" decide qué sistema de compresión debe funcionar para permitir, mediante el cambio de ella, el funcionamiento alternado entre un sistema y otro; si E=0 funciona el compresor 1, y si E=1 funciona el compresor 2. Una vez seleccionado el compresor se pregunta si él mismo llegó a las 700 horas de trabajo indicadas para que se le realice el mantenimiento, si esto es afirmativo se activa una alarma operacional acusando dicho evento. La variable que representa las horas de funcionamiento del compresor es la denominada "CH₁/CH₂" según corresponda. La activación de esta alarma no interrumpe el proceso de compresión, y para ser desactivada requiere del accionamiento manual del interruptor correspondiente.

Una vez seleccionado el compresor, se pueden dar dos situaciones dependiendo si el mismo entró en funcionamiento para determinar si existe una falla eléctrica que no permita el arranque de los mismos:

- Si entra en funcionamiento: se activa una alarma informativa y dos contadores de tiempo:
 - ❖ T_1/ T_2 es el tiempo de funcionamiento del compresor según corresponda;
 - ❖ T es un tiempo de tolerancia para realizar dicha compresión, estimado en 4 minutos dado que en la actualidad la compresión se realiza en 3 minutos y se considera que si no llega en ese tiempo se debe a que existe una falla;

Los compresores deben funcionar hasta que se alcance una presión de 6,5 bar dentro del tanque de reserva, siempre y cuando no se supere un periodo de tiempo determinado por la variable T . En este caso se pueden dar también dos situaciones:

- ❖ En caso de superar este último, se monitorea la temperatura " T^o " del segundo cabezal del compresor para determinar si el problema se debe a un desgaste del mismo. En caso de que sea por esta razón, se activa una alarma operacional que da aviso de la situación, y que únicamente puede ser desactivada manualmente. En ambos casos (baja temperatura o no), se debe apagar el compresor en conjunto con la activación de una alarma operacional de emergencia que indique que el mismo se encuentra fuera de funcionamiento y que se requirió el arranque del compresor secundario. Luego, se debe sumar la variable " T_1/T_2 " a la variable " CH_1/CH_2 " para llevar un conteo de las horas de funcionamiento del compresor correspondiente. Antes de dar arranque al otro compresor se deben limpiar las banderas de tiempo " T_1 " y " T ". Una vez que se hace el cambio de compresor, se debe determinar si el mismo entra o no en funcionamiento, lo cual puede derivar en dos situaciones:
 - Si no entra en funcionamiento, y dado que el otro compresor fue dado de baja, se activa una alarma operacional de emergencia y se conmuta a la tercer fuente de suministro que está compuesta por una batería de cilindros. Una vez realizado esto, se debe reiniciar el programa de manera manual.

- Si entra en funcionamiento, se debe activar la alarma informativa que indique que compresor está en funcionamiento y activar las variables tiempo " T_1/T_2 " y " T_{emerg} " según corresponda. La variable " T_{emerg} " representa el tiempo en el cual sigue comprimiendo el correspondiente compresor, que es seteado en 5 minutos para dar un margen de tiempo a los operarios antes de que se vacíe el tanque de reserva. Luego, entra en un bucle en el cual se pregunta si el compresor alcanza la presión de trabajo. En esta caso de alcanzar dicha presión, se debe monitorear la temperatura del segundo cabezal para evaluar las condiciones del compresor (al igual que en los casos anteriores en caso de ser menor que la temperatura establecida, se activa una alarma operacional que puede ser desactivada únicamente de manera manual) y se suma la variable tiempo " T_1/T_2 " a la variable " CH_1/CH_2 ". Luego, se limpian las banderas de tiempo " T_1/T_2 " y " T_{emerg} ", y se eleva en uno el contador de eventos. Se considera a este último para monitorear la cantidad de veces que pone en funcionamiento un compresor a causa de la falla del otro, para determinar si dicha falla fue producto de un pico de consumo o un indicativo del desgaste progresivo de los compresores. Este hecho no puede producirse más de 10 veces en una semana. Si esto sucede significa que la unidad compresora, dependiendo si es " Ce_1/Ce_2 ", no es capaz de generar el volumen de desplazamiento determinado lo que lleva a no alcanzar la presión en el tanque de reserva en condiciones normales de funcionamiento, requiriendo la activación del otro compresor. Este hecho activa una alarma operacional que puede ser únicamente desactivada de manera manual. En caso no producirse los 10 eventos, se cambia el estado de

“E” para que en el próximo ciclo funcione el otro compresor.

En caso de no alcanzar la presión en un tiempo “ T_{emerg} ” se activa una alarma operacional de emergencia que indica que hay una presión anormal en el sistema, que puede deberse a dos situaciones: si la temperatura que se alcanza en el segundo cabezal es menor a la que se debe existir luego de un ciclo normal de compresión, esto se debe a una falla en el sistema de compresión; mientras que si la temperatura del segundo cabezal es la que se genera normalmente luego de un ciclo de compresión, esto se debe a que hay un problema (fuga o pérdida de continuidad) en los componentes y red de distribución aguas abajo de los compresores. Si la temperatura es baja, se debe conmutar a la batería de cilindros, mientras que si la temperatura es normal, por lo mencionado anteriormente, no se realiza la conmutación a cilindros, quedando esta acción sujeta al criterio de los operarios. Esto activará una alarma indicando que la presión en la red ha disminuido, dicha alarma se denomina “presión baja sostenida”.

- ❖ En caso de no superar este tiempo, de igual manera, se monitorea la temperatura “ T^o ” del segundo cabezal para evaluar las condiciones de trabajo del compresor. Si la temperatura es menor a lo establecido, se activa una alarma operacional, que únicamente puede ser desactivada de manera manual. Luego, se suma la variable “ T_1/T_2 ” a la variable “ CH_1/CH_2 ” para llevar el conteo de las horas de funcionamiento del compresor correspondiente. Antes de conmutar de compresor, se deben limpiar las banderas “ T_1 ” y “ T ”, apagar la alarma informativa y cambiar de estado para que en el próximo ciclo funcione el otro compresor.
- Si no entra en funcionamiento, el mismo acusa una falla en el sistema eléctrico. Esta situación activa una alarma operacional indicando que el compresor correspondiente no

pudo comenzar con el proceso de compresión. Esta alarma puede ser desactivada únicamente de manera manual. Inmediatamente, se debe dar arranque al otro compresor. Al igual que en los casos anteriores, se debe monitorear si este compresor entró o no en funcionamiento, lo que puede derivar en dos situaciones:

- ❖ Si no funciona este último compresor, se debe activar una alarma operacional de emergencia. Este hecho induce a la conmutación de la fuente de suministro de reserva: compuesta por la batería de cilindros. Una vez solucionado, se debe reiniciar el programa.
- ❖ Si funciona este último compresor, se debe activar la alarma de tiempo " T_1/T_2 ", " T_{emerg} " y una alarma informativa del correspondiente compresor en funcionamiento. Luego, se monitorea si dicho compresor alcanza la presión en el tanque de reserva, que puede derivar en dos situaciones:

En caso de no alcanzar la presión en un tiempo " T_{emerg} " se activa una alarma operacional de emergencia que indica que hay una presión anormal en el sistema, que puede deberse a dos situaciones: si la temperatura que se alcanza en el segundo cabezal es menor a la que se debe existir luego de un ciclo normal de compresión, esto se debe a una falla en el sistema de compresión; mientras que si la temperatura del segundo cabezal es la que se genera normalmente luego de un ciclo de compresión, esto se debe a que hay un problema (fuga o pérdida de continuidad) en los componentes y red de distribución aguas abajo de los compresores. Si la temperatura es baja, se debe conmutar a la batería de cilindros, mientras que si la temperatura es normal, por lo mencionado anteriormente, no se realiza la conmutación a cilindros, quedando esta acción sujeta al criterio de los operarios. . Esto activara una alarma denominada "Presión baja sostenida" indicando que la presión en la red ha disminuido.

En esta caso de alcanzar dicha presión, se debe monitorear la temperatura del segundo cabezal para evaluar las condiciones del compresor (al igual que en los casos anteriores en caso de ser menor que la temperatura establecida, se activa una alarma operacional que puede ser desactivada únicamente de manera manual) y se suma la variable tiempo " T_1/T_2 " a la variable " CH_1/CH_2 ". Luego, se limpian las banderas de tiempo " T_1/T_2 " y

“ T_{emerg} ”, se apaga el compresor correspondiente, y se cambia el estado de “E” para que funcione el otro compresor en el siguiente ciclo de trabajo.

3.1.1 Determinación de PLC

Según el diagrama de flujo presentado en el Anexo 5, las variables de entrada y salida son las siguientes:

- Variables de entrada: temperatura compresor 1, temperatura compresor 2, presión del tanque de reserva, arranque compresor 1, arranque compresor 2.
- Variables de salida: arranque compresor 1 (esta salida se utiliza para activar alarma de arranque de compresor, y de funcionamiento del mismo), arranque compresor 2 (esta salida se utiliza para activar alarma de arranque de compresor, y de funcionamiento del mismo), falla de arranque de compresor 1, fallo de arranque de compresor 2, contador de horas de compresor 1, contador de horas de compresor 2, temperatura compresor 1, temperatura compresor 2, funcionamiento de compresor secundario, contador de eventos, presión baja sostenida.

Con lo cual, el PLC y el módulo de extensión del mismo debe ser tal que se puedan conectar que se debe adquirir debe tener 5 entradas y 11 salidas. Si bien se debe monitorear la utilización de las baterías de cilindro, punto de rocío y dióxido de carbono, las mismas activan alarmas propias (ya sean de informativas u operacionales) a las cuales se les hará una extensión para poder visualizarlas en el panel de alarma y supervisión que se explica a continuación.

3.2 FUNCIONAMIENTO MANUAL DE LOS COMPRESORES

Además de la automatización mencionada en el apartado anterior, se considera importante poder operar la sala de manera manual, dado que ante una falla en el sistema eléctrico de control debe existir la posibilidad de seguir generando aire medicinal para evitar la interrupción del suministro a la red de distribución. La elección entre un modo y otro se realizará mediante un switch existente en el tablero eléctrico. A su vez, en caso de optar por modo manual, existe otro switch que permite la conmutación entre los distintos compresores.

Los casos en los cuales está previsto que la sala opere en modo manual son los siguientes:

- Puesta en marcha de la sala: por única vez, hasta establecer los parámetros como presión, temperatura, monóxido de carbono y punto de rocío, es necesario que comience en modo

manual, para luego funcionar de manera automatizada. Si no se realizará este proceso previo se activarán todas las alarmas;

- Mantenimiento de una unidad compresora: se deberá cambiar de modo automático a modo manual y seleccionar el compresor que deberá seguir funcionando;
- Falla de una unidad compresora: una vez que se realizó el cambio a modo automático, se selecciona el compresor que deberá seguir funcionando hasta que se solucione la falla dentro de la otra unidad compresora.

El tablero eléctrico, si bien tiene la posibilidad de conmutar entre modo manual y modo automático, y conmutar entre cada uno de los compresores, también existe la posibilidad de seleccionar entre un secador frigorífico y otro. Cabe destacar que la conmutación de cualquiera de los componentes en la sala, no solo requiere de una acción sobre el tablero, sino también en cada una de las válvulas de corte dispuestas en los cuadros de maniobra a lo largo de la sala.

Otro dispositivo previsto dentro del tablero es agregar una llave denominada *golpe de puño* que cuando sea accionada provoque la desenergización del tablero. Esto funciona como parada de emergencia en caso de que ocurra algún accidente dentro de la sala, agregando una medida de seguridad para los operarios

4. PANEL DE SUPERVISIÓN Y ALARMA

Las alarmas que supervisarán el funcionamiento de la sala son las siguientes:

- Alarmas informativas:
 1. Funcionamiento Compresor 1;
 2. Funcionamiento Compresor 2;
 3. Funcionamiento Rampa 1 de batería de cilindros de aire comprimido;
 4. Funcionamiento Rampa 2 de batería de cilindros de aire comprimido;
 5. Funcionamiento Rampa 1 de batería de cilindros de aire comprimido para accionamiento de herramientas quirúrgicas;
 6. Funcionamiento Rampa 2 de batería de cilindros de aire comprimido para accionamiento de herramientas quirúrgicas
 7. Funcionamiento Secador Frigorífico 1;
 8. Funcionamiento Secador Frigorífico 2.

Se debe aclarar, que si bien los secadores frigoríficos y las distintas baterías de cilindro no se encuentran directamente controladas por el PLC, el panel de alarma se debe diseñar de manera tal que todas las alarmas se encuentren disponibles en un mismo panel para que el operario pueda tener noción del funcionamiento de la sala con solo mirar dicha distribución.

- Alarmas Operacionales:
 1. Punto de Rocío elevado;
 2. Concentración de monóxido de carbono elevada;
 3. Mantenimiento Compresor 1;
 4. Mantenimiento Compresor 2;
 5. Temperatura Compresor 1;
 6. Temperatura Compresor 2;
 7. Fallo de arranque Compresor 1;
 8. Fallo de arranque Compresor 2;
 9. Funcionamiento de Compresor Secundario;
 10. Contador de eventos 1 mayor;
 11. Contador de eventos 2 mayor.
- Alarmas Operacionales de Emergencia:
 1. Batería de Cilindros;
 2. Presión baja sostenida.

El diseño del panel debe ser tal que indique con luz verde las alarmas informativas, luz amarilla las alarmas operacionales y luz roja las alarmas operacionales de emergencia. A su vez, la señal visual debe ser intermitente para el caso de las alarmas operacionales y operacionales de emergencia, y constante para el caso de las alarmas informativas. En cuanto a la señal sonora, las alarmas informativas y las alarmas operaciones no cuentan con este tipo de aviso, mientras sí lo deben hacer las alarmas operacionales de emergencia.

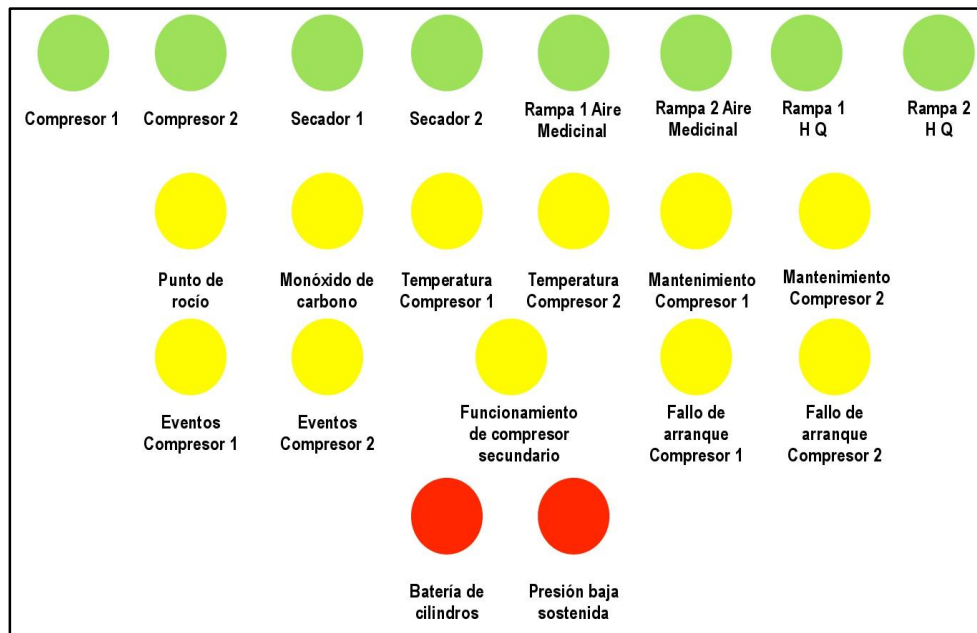


ILUSTRACIÓN 68. PANEL DE SUPERVISIÓN Y ALARMA

Las alarmas se ubicaran según su importancia en los siguientes servicios o áreas del hospital:

- La sala de máquinas propiamente dicha dispondrá de un panel de alarmas que contenga tanto las alarmas informativas como operacionales y operacionales de emergencia;
- Terapia Intensiva, Shock Room y Quirófano dispondrán de un panel de alarma que contenga únicamente la alarma operacional de emergencia que indique que la red de distribución de aire medicinal está siendo provista por la batería de cilindros. Esto se debe a que es importante que los profesionales sepan que existe un problema en la sala de máquinas, y que el único medio de provisión es la batería de cilindros.
- Mantenimiento General y Mantenimiento Biomédico dispondrán de un panel de alarma que contenga alarmas operacionales y alarmas operacionales de emergencia. Se sugiere, que el PLC tenga un módulo que sea capaz de dar aviso a los teléfonos celulares de los encargados de cada uno de los mantenimientos, dado que la jornada laboral de los mismos es de lunes a viernes, quedando en descubierto la supervisión los días sábado y domingo.

Las alarmas, como se mencionó anteriormente, pueden ser desactivadas únicamente en la sala de máquinas para obligar al operario a que se acerque al lugar e inspeccione el motivo por el cual se activó la misma. En caso de que la alarma sea operacional de emergencia, al activarse la misma acusa que existe un riesgo potencial dentro de la red de distribución; esto implica que los operarios deben acudir a la sala inmediatamente para poder desactivar la señal sonora, pero la señal visual debe seguir vigente hasta que el problema sea solucionado para luego reiniciar la ejecución del programa del PLC retornando el funcionamiento normal de la sala.

5. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS EQUIPOS DENTRO DE LA SALA

A continuación se presenta un plano de la sala existente con la respectiva ampliación, y en cada una de ellas la disposición final de los equipos.

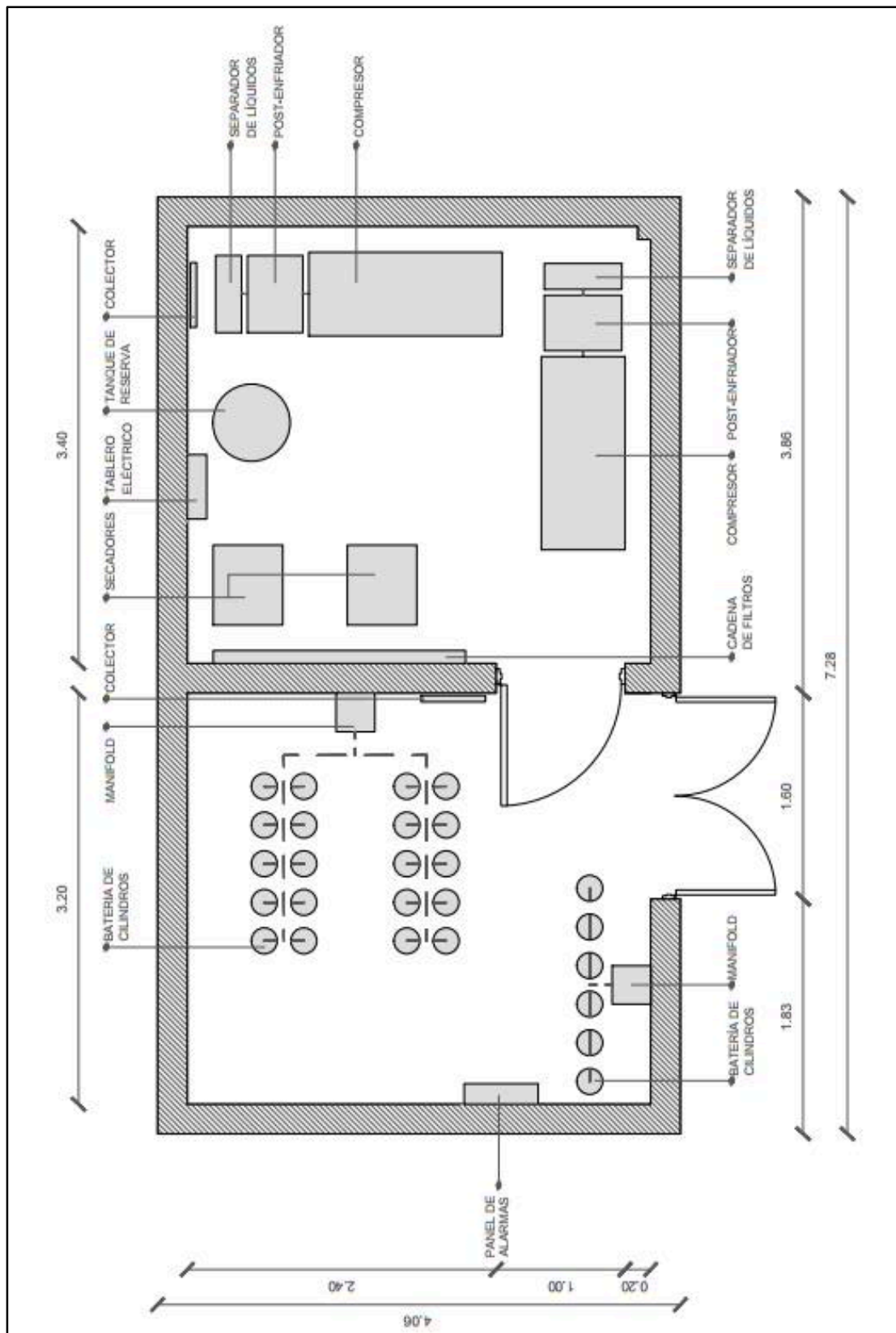


ILUSTRACIÓN 69. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS COMPONENTES EN LA SALA

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

En la siguiente tabla se enlistan los costos del equipamiento según la información recolectada en el Capítulo V, para establecer un monto de obra global.

Cantidad	Descripción	Precio unitario[\$]	Precio[\$]
26	Alquiler mensual de cilindros	100	2600
26	Recarga de cilindros	140	3640
26	Mangueras flexibles para conexión de cilindros	1400	36400
1	Accesorios extras pedido por Air Liquide para la instalación de las baterías	3000	3000
2	Central semiautomática para batería de cilindros	1900	3800
6	Módulos de conexión de 5 bocas para cilindros	1000	6000
2	Filtro seco	300	600
2	Postenfriador	33000	66000
2	Separador de líquidos	3134	6268
2	Colector	7000	14000
1	Tanque de reserva	19756	19756
2	Secador Frigorífico con masa térmica	39273,7	78527,4
2	Filtro coalescente	3382	6764
2	Filtro carbón activo	3825	7650
2	Filtro separador de partículas de alta eficiencia	4880,6	9761,2
2	Filtro bacteriológico	8232,2	16464,4

2	Purgador automático	2740	5480
1	Sensor de punto de rocío	13950,3	13950,3
2	Sensor de temperatura	176,25	352,5
1	Monitor de monóxido de carbono	3763,2	3763,2
1	PLC	3847,4	3847,4
3	Módulo de extensión	2033	6099
TOTAL			314723,4

TABLA 38. COSTO PARCIAL DEL PROYECTO

Además de los elementos expuestos anteriormente, se debe considerar aquellos que existen actualmente en la sala pero su utilización y/o recambio está supeditado al estado en que se encuentren. Dentro de estos se destacan:

- Componentes del tablero eléctrico: Contactores, relés de sobreintensidad, contactos auxiliares y conmutador neumático para estrella-triángulo;
- Componentes de la red neumática: válvulas antiretorno, válvulas de corte y válvulas solenoide.

Por otro lado, la ampliación y la remodelación de la sala existente, involucran costos como:

- Materiales de construcción y mano de obra para realizar dicha ampliación. Según lo consultado el monto es de aproximadamente \$25000, pero el mismo se encuentra sujeto a la licitación que se realice;
- Elementos de cerramiento (puerta interna de la sala), ventilación y acondicionamiento de la puerta existente en caso de ser posible. Además, cada uno de estos elementos debe disponer de filtros adecuados para evitar el ingreso de partículas externas a la sala;
- Alquiler de compresor portátil desde el día que se inicia la remodelación de la sala hasta que se vuelven a instalar los equipos dentro de la misma. Este precio está sujeto a la cantidad de trabajadores que realicen dicha obra, como así también de la correcta gestión de compra de los equipos necesarios para poner en funcionamiento a la sala nuevamente;

- Instalación de conducto para la toma de aire desde el exterior del hospital. Se deben contemplar la mano de obra para realizar dicha instalación, como así también los materiales necesarios (el material del conducto queda sujeto a las recomendaciones por parte del fabricante, ya que si bien se puede realizar de PVC, se debe evaluar si es conveniente sea este material, dado el recorrido que hará el mismo para llegar a la terraza del hospital; elementos filtrantes necesarios para evitar el ingreso de insectos, escombros, agua, entre otros);
- Se debe evaluar el estado del piso de la sala en la cual se instalarán los respectivos compresores. En caso de que no se puedan instalar los mismos únicamente con anti vibradores, se deberá realizar una base de hormigón para amortiguar las vibraciones que este tipo de equipos producen;

En cuanto a la red de distribución, es necesario que se coticen los ensayos pertinentes que se deben realizar a cada una de ellas (aire medicinal y óxido nitroso) antes de poner en marcha la ampliación y remodelación de la sala. Una vez realizado esto, es necesario la instalación de un regulador de presión en la tubería principal, para monitorear la presión de suministro o nominal de trabajo. A su vez, a la salida de la sala de máquinas, se debe instalar el acople correspondiente para el conjunto de mantenimiento del suministro.

Se debe evaluar el estado de los acoples correspondiente a aire medicinal en cada uno de los puestos de consumo, como así también el cambio de acople de óxido nitroso a aire medicinal para la utilización de la herramienta neumática de traumatología en quirófano.

En cuanto a la instalación de los equipos, es necesario tener en cuenta:

- Mangueras flexibles y rígidas para la interconexión entre los equipos, acoples, mangueras de desagüe, etc.;
- si el valor del equipo incluye el envío del mismo, la instalación, etc.;

En base a todo lo mencionado, se puede observar que la determinación del valor final del proyecto se ve influenciado por muchos factores. Otro factor que también influye y que no fue mencionado, es que a la hora de pedir la cotización de algunos equipos, la oferta realizada en algunos casos duraba únicamente 24 horas, con lo cual si bien se presentó dicho valor, queda sujeto al fabricante y al momento en que se realice la compra. Además, algunas ofertas se presentaron en dólares para mantener “estabilidad” en la misma, pero el valor de esta moneda también depende del

momento de compra. Al dólar se le asignó un valor de \$14,70, que es el valor al día de la fecha (Agosto de 2016).

Si bien no se pudo determinar un monto concreto para la realización del mismo, el valor de los componentes más importantes de sala fueron presentados en la Tabla 38, y el precio parcial de la obra es de aproximadamente \$314723,40.

CONCLUSIÓN

La centralización de los gases medicinales dentro de un establecimiento para el cuidado de la salud, permite suministrar de forma segura, económica y continua cada uno de estos gases.

Si bien el Hospital de Urgencias cuenta actualmente con una sala generadora de aire comprimido, la misma se encuentra lejos alcanzar las recomendaciones de la normativa vigente, tanto en lo relativo a operatividad, como a respaldo ante posibles intervenciones.

Pese a que la implementación del proyecto deberá ejecutarse en sucesivas y graduales etapas, basadas en una planificación estratégica y contando con la sinergia de los diferentes servicios, se ha logrado el entendimiento de que mejorar la sala existente, no es una alternativa, sino una necesidad.

Asimismo, se tiene el pleno convencimiento de que contar con una sala óptima para la generación de aire, proporcionará, además de los beneficios evidentes e incuestionables como la calidad del aire, la operatividad del sistema y la fuente de suministro de respaldo ante eventualidades, otros beneficios secundarios como la reducción y/o eliminación del uso de cilindros en quirófano.

El diseño propuesto a través del desarrollo de este trabajo, permite implementar herramientas de control automático y registro de eventos, lo que conlleva a la maximización de los recursos y la minimización de las fallas, o al menos, a su detección temprana y a la correspondiente proyección de mantenimientos preventivos.

Finalmente mejorar y controlar la calidad del aire utilizado, permitirá a su vez, garantizar la calidad de las prestaciones médicas.

A partir del presente trabajo se propone como futuro desarrollo, la refuncionalización de la sala de vacío medicinal, haciendo extensivo el uso y la aplicación de la misma normativa.

BIBLIOGRAFIA

- Carnir Royo, E. (1997). *Aire Comprimido, Teoría y Cálculo de las instalaciones*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/198376346/Carnicer-Royo-E-Teoria-y-calculo-de-instalaciones-de-Aire-Comprimido>
- Mendoza Ramirez , A. (2014). *Eficiencia energética en las instalaciones de climatización de los edificios*. Obtenido de <https://books.google.com.ar/books?id=atONCwAAQBAJ&pg=PT89&lpg=PT89&dq=segun+que+criterios+se+pueden+clasificar+los+compresores&source=bl&ots=L0mePIOOWW&sig=3PWZ4rtCtwVcGgGbNf257GpFPgA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjC9o7E0vPMAhVTI5AKHWCDkQ6AEIjAC#v=onepage&q=co>
- Carssini, M. (4 de Marzo de 2011). *Aire comprimido, neumática y eficiencia energética*. Obtenido de <https://marcelocassani.wordpress.com/2011/03/04/tanques/>
- Cassini, M. (31 de Agosto de 2012). *Aire Comprimido, Neumática y Eficiencia energética*.
- Definición ABC*. (s.f.). Obtenido de <http://www.definicionabc.com/general/gas.php>
- Li Gambi, J. (2014). *Gases Medicinales: Oxígeno, Óxido nítrico, Aire comprimido y Vacío medicinal. Cátedra de Instalaciones Hospitalarias -UNC*.
- Guía Práctica sobre el Ruido en el Ambiente Laboral, Superintendencia del Riesgo de Trabajo*. (2012). Buenos Aires.
- Ros, J., & Viayna, M. (20 de Octubre de 2011). *Producción de Aire Medicinal en centros sanitarios*. Obtenido de Asociación de Fabricantes de Gases Industriales y Medicinales (AFGIM): http://www.sefh.es/sefhpublicaciones/documentos/56_congreso/jueves_16.30_sala25_gegasme_viana_aymar.pdf
- Instituto de Mecánica de los fluidos e Ingeniería Ambiental*. (2010). Obtenido de Maquinas para fluidos 1: http://www.fing.edu.uy/imfia/cursos/maq_flu_1/teorico/8-Compresores.2010.pdf
- Fernández Díez, P. (s.f.). *Departamento de Ingeniería eléctrica y energética*. Obtenido de Universidad de Cantabria : http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/compresores-y-ventiladores.pdf
- Quintero Pichardo , E. (s.f.). *Leyes y Normas que regulan gases medicinales medicamentos*. Obtenido de <http://www.esperanzaquintero.es/documentos/2.%20Leyes%20y%20Normas%20que%20regulan%20GMM.pdf>
- Resolución N°231/96. Aparatos sometidos a presión* . (1996). Obtenido de Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible: <http://www.opds.gba.gov.ar/index.php/leyes/ver/122>
- Código ASME Sección III Div.1 Diseño, Construcción e Inspección de Tanques y Recipientes sometidos a presión* . (s.f.). Obtenido de [https://www.asme.org/products/courses/codigo-seccion-viii-div-1-diseno-construccion-\(1\)](https://www.asme.org/products/courses/codigo-seccion-viii-div-1-diseno-construccion-(1))
- Occupational Safety and Health Branch*. (2011). Obtenido de A guide to the construction, Installation, Operation and Maintenance of Air receivers: http://www.labour.gov.hk/eng/public/bpvd/air_recev_e.pdf
- Atlas Copco. (s.f.). *Secadores Frigoríficos*. Obtenido de http://www.atlascopco.com.ar/Images/2935%204582%2010_FD_brochure_ES%20with%20corrected%20technical%20data_low_tcm835-1691695.pdf

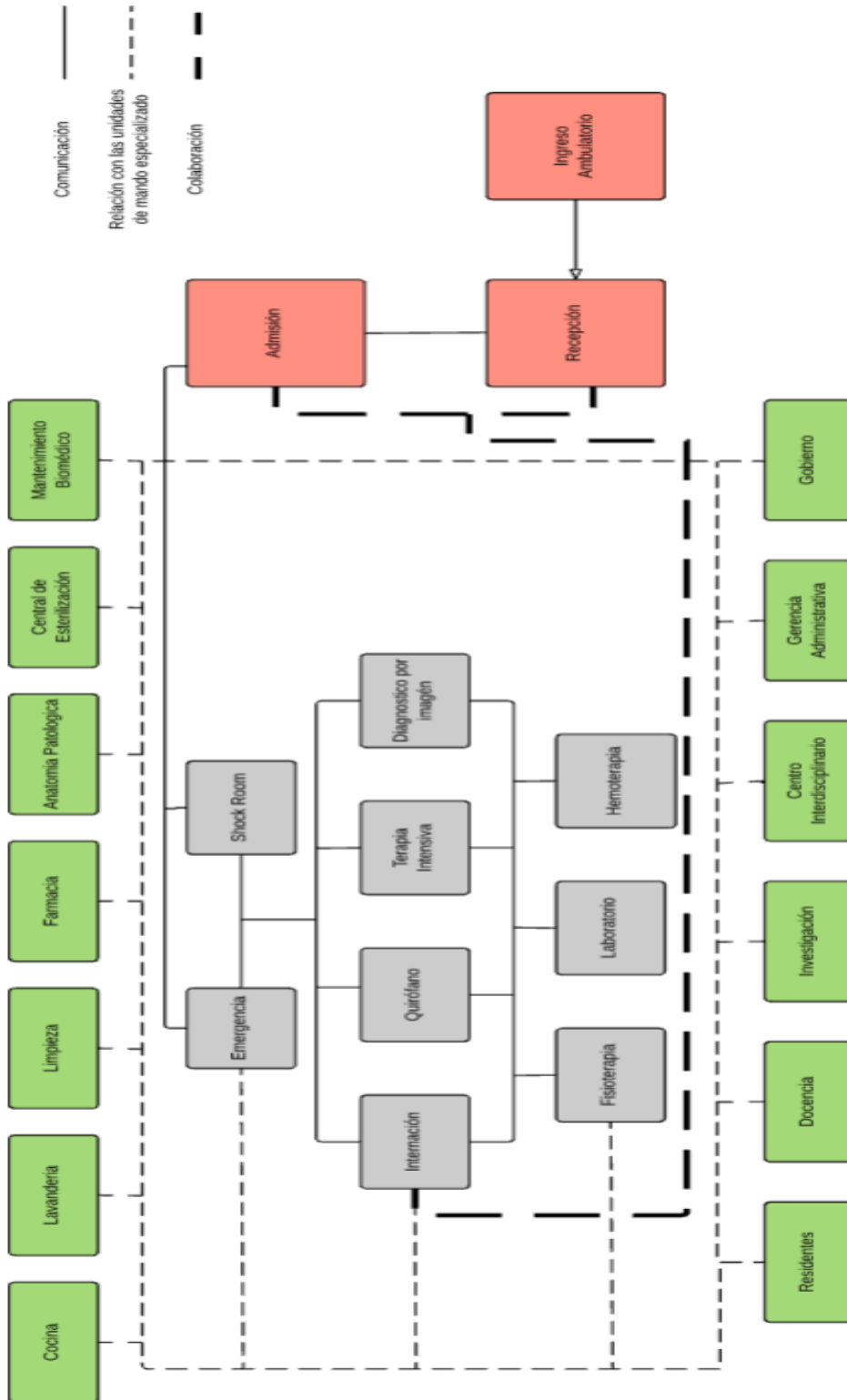
- Wikipedia. (s.f.). *Válvula de alivio de presión*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_alivio_de_presi%C3%B3n
- ANMAT. (s.f.). *Secretaría de Políticas, Regulación y Relaciones Sanitarias*. Obtenido de Ministerio de Salud: <http://www.bioingenieria.edu.ar/grupos/geic/cieer07/presentaciones/Gases-Anmat.PDF>
- DECRAFT . (s.f.). *Filtros para Aire Comprimido*.
- Wikipedia. (s.f.). *Válvula antirretorno*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_antirretorno
- Mendez Moreno, L. (s.f.). *Especificaciones técnicas Sistema de Gases Medicinales* . Obtenido de Proyecto del Hospital Funza: http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-01_03-56-59103912.pdf
- Cobre Profesional* . (s.f.). Obtenido de <http://elcobre.com/areas-de-aplicacion/gases-medicinales>
- Taurozzi. (s.f.). *Pistones Oscilantes Pendulares*. Obtenido de <http://www.pistonpendular.com/castellano/compresores/compresores.htm>
- Secretaría de Estado de Salud Pública . (20000). *Resolución 1130/2000: Gases Medicinales*.
- Rendón, J. (s.f.). *Reguladores de Presión*.
- Inframédica. (s.f.). *Servicios de Salud Hospitalario*.
- DMD. (s.f.). *Soluciones integrales eficientes para el Aire Comprimido Industrial*. Obtenido de Postenfriadores: <http://www.dmdcompresores.com.ar/tratamiento-del-aire-comprimido/post-enfriadores/>
- IPM. (s.f.). *Postenfriador*. Obtenido de <http://www.indupym.com/postenfriadores.html>
- Gobierno del Principado de Asturias. (s.f.). *Conceptos generales de contaminación atmosférica*. Obtenido de <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=daca2ae109539210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnnextchannel=761ab1cc11b6a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>
- Atlas Copco. (s.f.). *MED. Aire respirable y Quirúrgico* . Obtenido de http://bibilonimaquinaria.com/uploads/respirable_quirurgico.pdf
- Cabesti SRL. (s.f.). *Secado del aire comprimido. Tipos de deshidratadores*. Obtenido de <http://www.cabestisrl.com.ar/CABESTIsrl/02.informestecnicos.04.htm>
- Dirección de Administración y Protección de los recursos - NEO5* . (s.f.). Obtenido de Cilindros de Gas para uso Industrial : <http://www.asimet.cl/pdf/neo05.pdf>
- Compresores, K. (s.f.). *Depósitos de aire comprimido* . Obtenido de <http://www.kaeser.es/Images/P-775-SP-tcm11-7411.pdf>
- The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors* . (s.f.). Obtenido de Air Receivers: <http://www.nationalboard.org/index.aspx?pageID=134&ID=284>
- BÜHLER Technologies*. (s.f.). Obtenido de Analizador de gas para el análisis de oxígeno: <http://www.buehler-technologies.com/fileadmin/ProduktPDFs/analyse/08analysatoren/ds550007.pdf>
- Richardson, D. (s.f.). *An inside look at gas mixers*. Obtenido de Product spotlight: http://www.thermco.com/pdf/inside_look.pdf
- INDURA*. (s.f.). Obtenido de Manual de Gases: <http://es.slideshare.net/domingopao/manual-de-gases-2004>
- CARBUROS METALICOS, Grupo Air Products*. (s.f.). Obtenido de Mezcladores de Aire Medicinal: <http://www.carburossmedica.com/PDF/HP5143-Mezclador-de-aire-medicinal.pdf>

- Ros Fuentes, J. (s.f.). *Estándares de Calidad de los Gases Medicinales*. Obtenido de <http://www.aeih.org/biblioteca-virtual/wp-content/uploads/2015/09/Estándares-de-Calidad-de-los-Gases-Medicinale.pdf>
- Valvias. (s.f.). Obtenido de Densidad de los Gases: <http://www.valvias.com/prontuario-propiedades-materiales-densidad-gases.php>
- Air Liquide. (s.f.). Obtenido de Seguridad en la aplicación de gases, diseño y utilización de sus instalaciones en el área medicinal: <http://www.bioingenieria.edu.ar/grupos/geic/col2006/pdf/G-Seguridad.PDF>
- Facultad de Ingeniería Industrial. (s.f.). Obtenido de Ergonomía, diseño de puesto de trabajo: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7863_ruido.pdf
- Linde. (s.f.). *Hoja de Seguridad del material (MSDS)*. Obtenido de Aire Comprimido: http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/aire_comprimido.pdf
- Famox S.A. (s.f.). *Manual de Instrucciones de instalación y uso de Unidades Terminales OHMEDA*. Obtenido de <http://famox.com.ar/files/CMU012----Unidad-terminal-OHMEDA--Rev.00.pdf>
- Arranque Estrella-Triangulo. (s.f.). Obtenido de <https://automatismoindustrial.com/arranque-estrella-triangulo/>
- Air Liquide. (s.f.). *Catálogo de Material Medicinal*. Obtenido de http://www.airliquidemedicinal.es/file/otherelement/pj/catalogo_de_material_medical85657.pdf
- Schneider Electric. (s.f.). *Manual Electrotécnico*. Obtenido de Telemecanique: <http://www.um.es/docencia/mmc/pdf/telesquemario.pdf>
- UBA, Facultad de Odontología, Área de Seguridad e Higiene. (s.f.). Obtenido de Extinción de Incendios, uso de matafuegos y plan de evacuación: <http://www.odon.uba.ar/comiteriesgo/instructivoextincion.pdf>
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, Presidencia de La Nación. (s.f.). Obtenido de Decreto 351/79, Capítulo 18: Protección contra incendios: <http://es.slideshare.net/nicowehrhahne/capitulo-18-proteccion-contra-incendio>
- Instituto ecuatoriano de Seguridad Social, Seguridad general de Riesgos del Trabajo. (s.f.). Obtenido de Reglamento de prevención contra Incendios: <http://www.utm.edu.ec/unidadriesgos/documentos/reglamento-incendio.pdf>
- PRAXIAR. (s.f.). *Recomendaciones de Seguridad para la utilización de Gases*. Obtenido de Seguridad y Medio Ambiente: https://www.uclm.es/servicios/prevencion/documentacion/cursos/gases/Catalogo_seguridad_PRAXAIR_2012%20.pdf
- MICRO. (s.f.). *Controlador Lógico Programable (PLC)*. Obtenido de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
- Díaz Moreno, L. (s.f.). *NTP 198: Gases Comprimidos, identificación de botellas*. Obtenido de Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp_198.pdf
- ENERGAS. (s.f.). *Normas generales para Estacionamiento*. Obtenido de <http://www.enargas.gov.ar/Gnc/Normativa/Nag419.pdf>
- Botta, N. (Junio de 2010). *Los agentes extintores*. Obtenido de Los polvos químicos secos.

Universidad Nacional de Córdoba

- Varona Berenguer, C. (Enero de 2013). *Protección y Extinción de Incendios*. Obtenido de Polvo químico seco. Características, clasificación y aplicaciones. : http://www.seguridadysalud.ibermutuamur.es/IMG/pdf/Polvo_quimico_seco._Caracteristicas_clasificacion_y_aplicaciones.pdf
- Schneider. (s.f.). *Datasheet*. Obtenido de Telemecanique: <http://datasheet.elcodis.com/pdf/25/67/256744/lads2.pdf>
- Power System, Sodem System. (s.f.). Obtenido de Especificaciones del Fabricante: <http://es.medwow.com/med/surgical-power-tool/sodem-systems/power-system/10894.model-spec>
- TECME S.A. (s.f.). Neumovent Graph Net TS. En *Manual de Instrucciones para el Usuario*.
- TECME S.A. (s.f.). Neumovent Graph. En *Manual de Usuario*.
- Runco, J. (s.f.). Linde Gas Therapeutics. En G. Medicinales.
- Linde Gas Therapeutics. (s.f.). Obtenido de The Linde Group: http://www.linde-healthcare.com.ar/international/web/lg/ar/likeglgtarnopro.nsf/docbyalias/healthnopro_gases_aire
- Linde Gas Therapeutics. (s.f.). *Gases Industriales*. Obtenido de Gas Comburente: http://www.abellolinde.es/es/safety_and_quality/gas_risks/oxygen/index.html
- KAESER S.A. (s.f.). *SECOTEC, Secadores frigoríficos*.
- KAESER S.A. (s.f.). *Técnica de aire comprimido*. Obtenido de Nociones básicas y consejos: claro, completo y sensillo.
- IRAM-ISO 7396-1. (2014). *Sistemas de redes de gases medicinales. Sistemas de redes de gases medicinales comprimidos y vacío*.
- NFPA 99. (2005). *Standard for Health Care Facilities*.
- KAESER S.A. (s.f.). *Filtros, Separadores Centrifugos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/297612313/kaeser-filtros>
- Asociación Electrotécnica Argentina . (2008). *Parte 7. Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90634*. Obtenido de Sección 710: Locales para usos médicos y salas externas a los mismos.
- Asociación Electrotécnica Argentina. (Marzo de 2006). *Parte 7. Reglamentación para la ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles. AEA 90364* . Obtenido de Parte 771. Viviendas, oficinas y locales (unitarios).
- De Giacomí , A., Díaz Dorado, M., Tapia, C., & Botto, R. (1979). *Balance térmico. Sistemas de calefacción. Aire acondicionado*. Buenos Aires: Librería Técnica CP67.
- Ministerio de Salud. (s.f.). *Ley 16463. Ley de Medicamentos*. Obtenido de A.N.M.A.T: <http://www.anmat.gov.ar/fna/16463.asp>
- Pontelli. (2015). Cátera de Seguridad e Higiene, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. *Riesgo Eléctrico* .
- Pontelli. (2015). *Cátera de Seguridad e Higiene, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Obtenido de Incendio.

Anexo 1: Diagrama funcional del Hospital Municipal de Urgencias



Anexo 2: Planos

Anexo 3: Protocolo de medición de ruido en el ambiente laboral

DATOS DEL ESTABLECIMIENTO		
Razón Social: Hospital Municipal de Urgencias		
Dirección: Catamarca 441		
Provincia: Córdoba		
CP: 5000	CUIT: xxxxxxxxxxx	
DATOS PARA LA MEDICIÓN		
Marca, modelo y número de serie del instrumento utilizado: Marca SCHWYZ, Modelo SC210, Serie N282049		
Fecha del certificado de calibración del instrumento utilizado en la medición: 10/06/2013		
Fecha de la medición: 14/07/2016	Hora de inicio: 9:00 am	Hora de finalización: 13:00 pm
<p>Horarios/turnos habituales de trabajo:</p> <p>A no ser que se tenga que realizar mantenimiento dentro de la sala o la misma presente alguna falla, no hay personal trabajando dentro de la misma.</p>		
<p>Describa las condiciones normales y/o habituales de trabajo:</p> <p>No existe un puesto fijo de trabajo dentro de la misma, el lugar de trabajo dependerá de la razón por la cual el personal se encuentra en ella.</p> <p>Dentro de la sala se puede escuchar el arranque y la parada de los compresores de la sala de vacío dado que se encuentra al lado de la sala de aire comprimido.</p>		

MEDICIÓN REALIZADA EN EL INTERIOR DE LA SALA					
Tiempo [min]	LAeq [dBA]	Observaciones	Tiempo [min]	LAeq [dBA]	Observaciones
0	63,6	Enciende el compresor	28,1	73,5	
0,53	89		29,1	69,8	
2	89,1		30	74,8	C/CV
2,45		Apaga el compresor	30,59	72,2	S/CV
2,57	90,3		31,55	72	
3,48	69,5	C/CV	32,58	69,7	
4,45	66,8	C/CV	33,47	71,7	C/CV
5,43	65,8		34,41	65,3	S/CV
6,36	64,6	S/CV	35,5	70,2	C/CV
7,3	66,8	C/CV	36,4	67,4	S/CV
8,3	61,9	S/CV	37,36	68,6	C/CV
9,2	65,8	C/CV	38,37	65,2	S/CV
10,25	62,7	S/CV	39,25	63,9	C/CV
11,13	66,7	C/CV	40,03		Enciende compresor
12,2	63,1		40,22	73	
13,12	69,6		41,18	86,9	
14	74	C/CV	42,14	87,2	
15,06	71	C/CV	43		Apaga compresor
16	61,9	C/CV	43,11	86,4	
16,55	70,5				
17,54	69,2				
18,47	71,2	C/CV			
19,47	67,1				
20,4	74,1				
21,37	70,9	C/CV			

22,32	71,6	C/CV			
23,3	64,1	S/CV			
24,2	64,4	C/CV			
25,3	64	S/CV			
26,17	70,7	C/CV			
27,17	66,6	C/CV			

TABLA 39. MEDICIÓN REALIZADA EN EL INTERIOR DE LA SALA CON MODO A RESPUESTA "SLOW" (C/CV: CON COMPRESOR DE VACÍO EN FUNCIONAMIENTO; S/CV: SIN COMPRESOR DE VACÍO EN FUNCIONAMIENTO)

MEDICIÓN REALIZADA EN EL EXTERIOR DE LA SALA		
Tiempo [min]	LAeq [dBA]	Observaciones
0	62,9	C/CV
0,2	64,3	C/CV
0,57	51,1	C/CV
1,54	61,4	
2,46	59,8	
3,3	57,1	
4,57	65,2	C/CV
7,1	62,7	Enciende compresor
7,4	69,8	
8,3	71,4	
9,48	71,3	Apaga compresor
10,2	69,4	

TABLA 40. MEDICIÓN REALIZADA EN EL EXTERIOR DE LA SALA CON MODO A RESPUESTA "SLOW" (C/CV: CON COMPRESOR DE VACÍO EN FUNCIONAMIENTO; S/CV: SIN COMPRESOR DE VACÍO EN FUNCIONAMIENTO)

MEDICIÓN REALIZADA EN EL INTERIOR DE LA SALA		
Tiempo [min]	LC pico[dBC]	Observaciones
0	110	Enciende compresor
0,12	98,4	
0,32	99	
0,35	98	
0,43	97,9	
1	99	
1,05	97,7	
1,22	98,3	
1,42	99,4	
2,07	98,9	
2,27	99	
2,30	99,5	
3	120,7	Apaga compresor

TABLA 41. MEDICIÓN REALIZADA EN EL EXTERIOR DE LA SALA CON MODO C RESPUESTA "FAST" (C/CV: CON COMPRESOR DE VACÍO EN FUNCIONAMIENTO; S/CV: SIN COMPRESOR DE VACÍO EN FUNCIONAMIENTO)

Anexo 4: Esquema de los tramos utilizados para el cálculo de los diámetros de cañerías

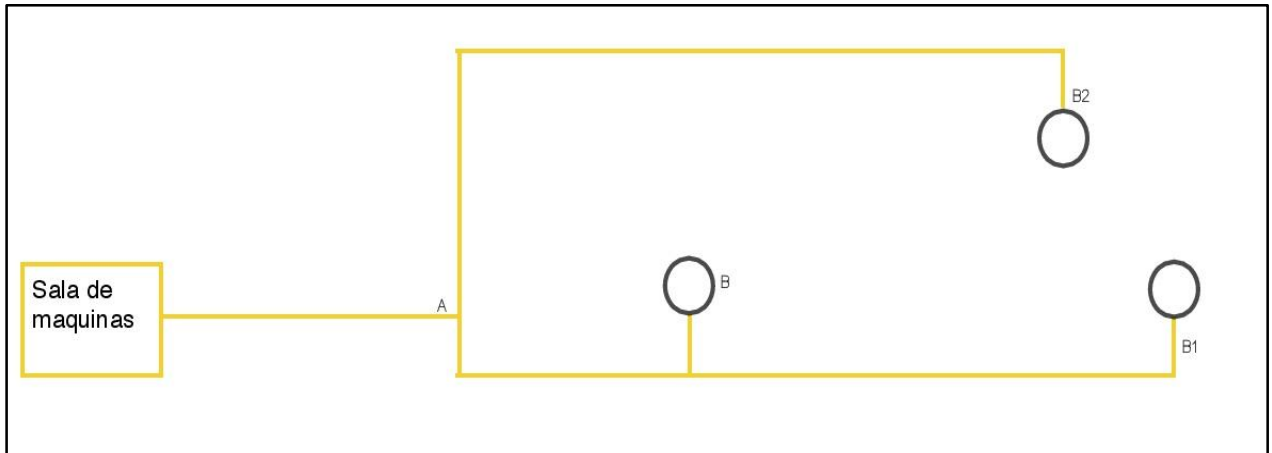


ILUSTRACIÓN 70. TRAMOS SUBSUELO

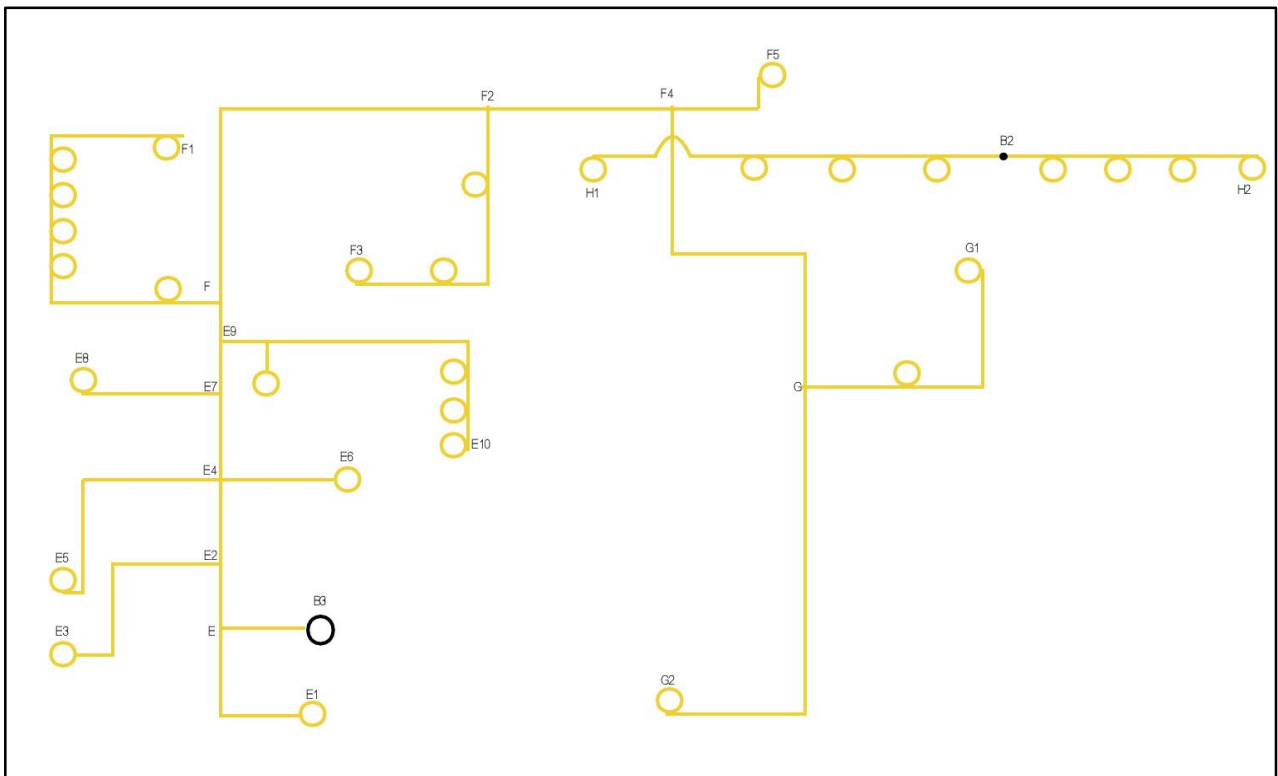


ILUSTRACIÓN 71. TRAMOS PLANTA BAJA

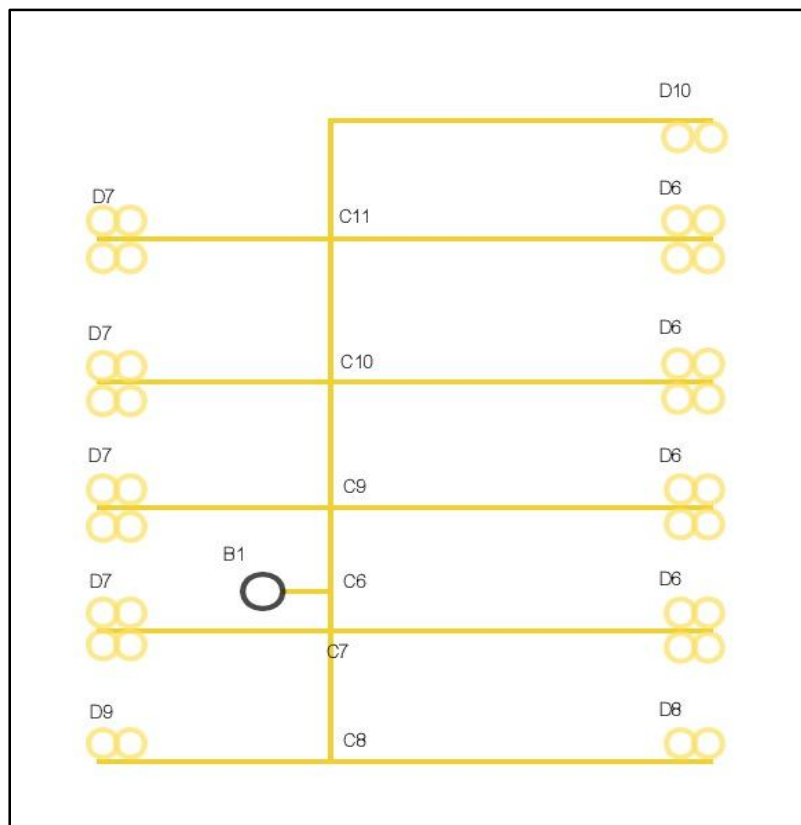


ILUSTRACIÓN 72. TRAMOS PRIMER PISO –SECTOR C

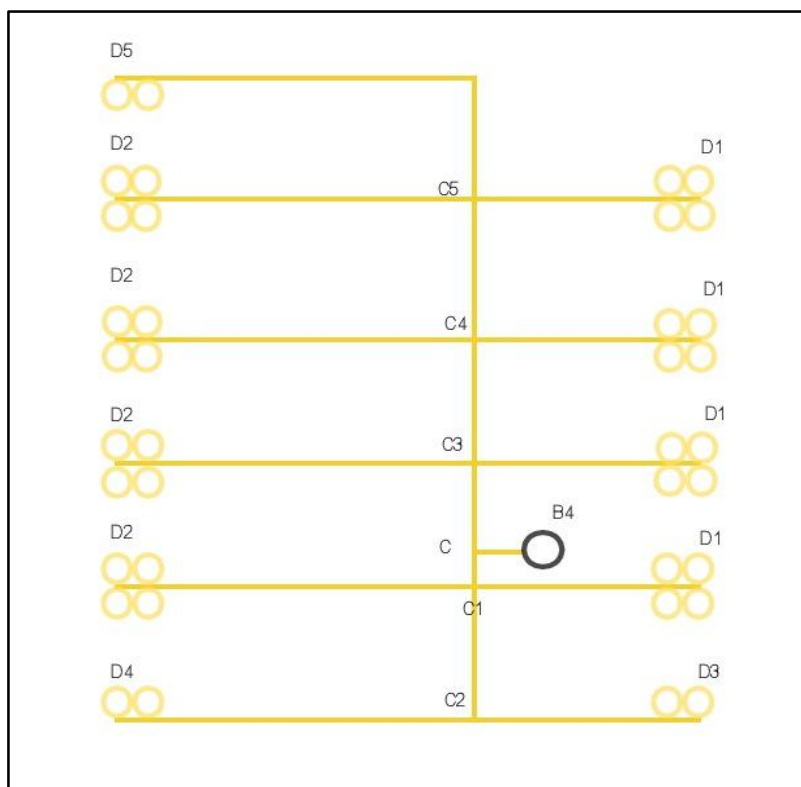


ILUSTRACIÓN 73. TRAMOS PRIMER PISO- SECTOR A

Anexo 5: Diagrama de flujo del funcionamiento del PLC

Anexo 6: Dimensionamiento de conducto de aire para toma de aire externa

Para poder determinar las dimensiones que debe tener el conducto que comunica la sala de máquinas de aire comprimido medicinal con el exterior del hospital, se utilizaron los diagramas que se emplean para calcular sistemas de calefacción y aire acondicionado. Los datos usados para el cálculo fueron los siguientes:

- Volumen de desplazamiento del compresor: 2600 litros/min (cada compresor produce un desplazamiento de 1300 litros/min);
- Velocidad: 250 metros/min, obtenidos de la Tabla 42;
- Volumen de la sala: 36,72 m³;
- Renovaciones de aire: 1 por minuto.

	Velocidades aconsejadas [m/min]			Velocidades máximas [m/min]		
	Viviendas	Escuelas y Edif. Públicos	Industrias	Viviendas	Escuelas y Edif. Públicos	Industrias
Toma aire exterior	250	300	350	300	330	400
Filtros	90	100	110	100	110	110
Serpentinas	150	160	200	160	200	230
Salida del ventil.	330-500	400-600	500-800	550	450-700	550-900
Conduct. princip	300-350	350-400	400-600	350-400	400-500	450-700
Ramales	200	200-300	250-350	250	250-350	350-400
Retornos	180	200-250	300	200	250-300	350

TABLA 42. VELOCIDADES DE AIRE, ACONSEJABLES Y MÁXIMAS, EN CONDUCTOS Y ACONDICIONADOR

Para determinar el caudal que debe ser capaz de abastecer el conducto se debe sumar el caudal que requiere cada uno de los compresores y el caudal necesario para lograr las renovaciones de aire deseadas.

$$Q_T = Q_{\text{desplazamiento}} + Q_{\text{renovaciones}}$$

Siendo

Q_T : Caudal total que debe desplazar el conducto de aire;

$Q_{\text{desplazamiento}}$: Caudal total requerido por los dos compresores;

$Q_{\text{renovaciones}}$: Caudal para lograr las renovaciones deseadas;

El caudal total obtenido es de 2359,2 m³/hora. Utilizando el diagrama de la Ilustración 70, se determina que el diámetro de sección circular para dicho caudal tiene un diámetro de 450 mm aproximadamente.

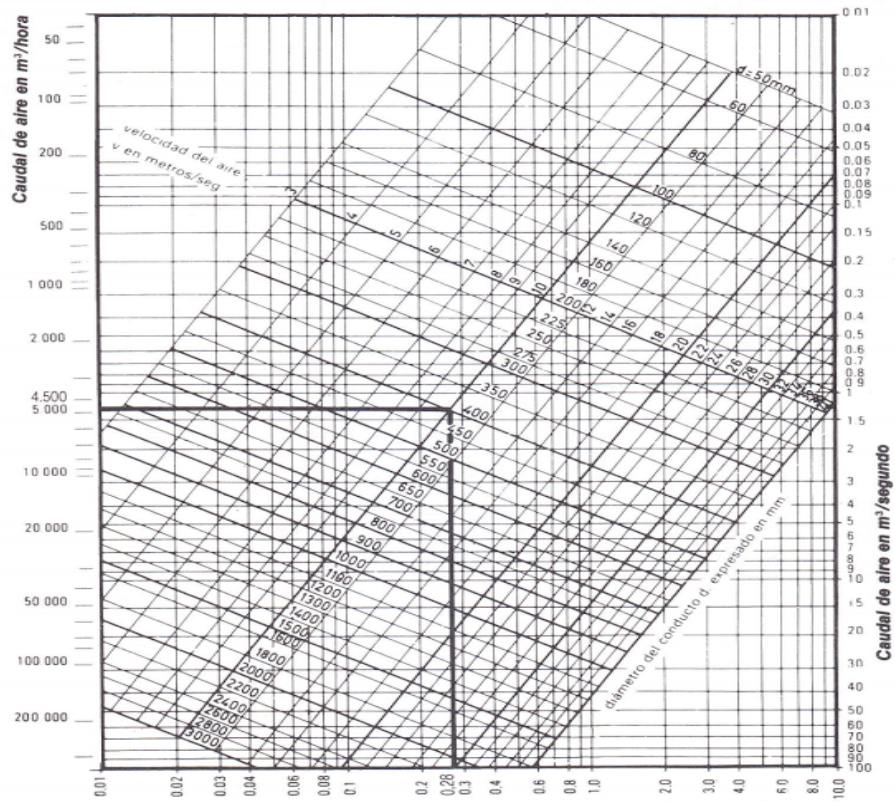


ILUSTRACIÓN 70. DIAGRAMA PARA CÁLCULO DE SECCIÓN CIRCULAR

Ahora para determinar las dimensiones del conducto rectangular equivalente se utiliza el diagrama propuesto en la Ilustración 71, obteniendo como resultado que ambos lados deben medir 40 cm

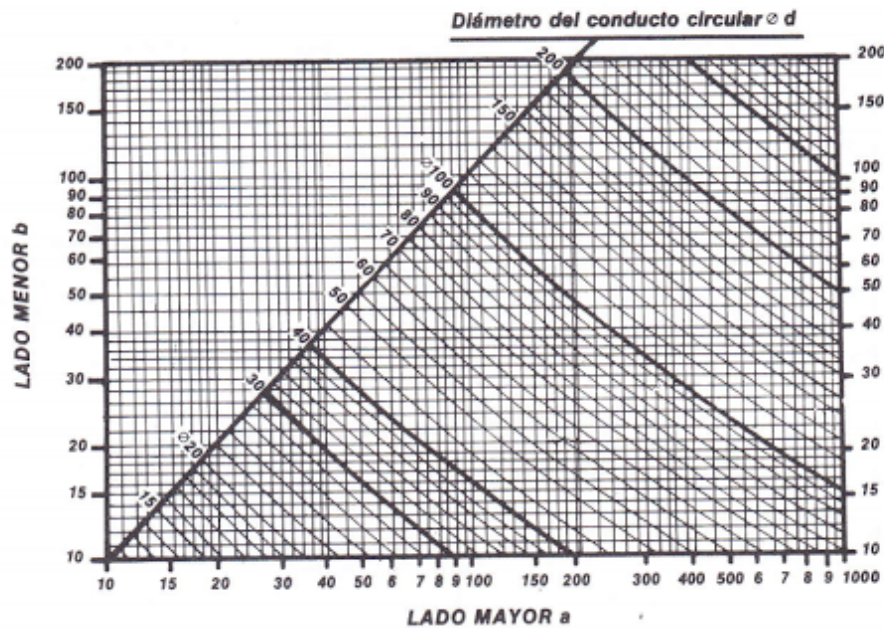


ILUSTRACIÓN 71. DIAGRAMA DE CONDUCTO CIRCULAR EQUIVALENTE A UNO RECTANGULAR

Los resultados se corroboraron mediante un software de cálculo de conductos online⁴ obteniendo los siguientes resultados:

- Diámetro del conducto circular: 447.86 mm
- Dimensión equivalente con una sección rectangular: 41 cm para cada lado

Con lo cual se propone que el conducto tenga una longitud aproximada de 7 metros (6 metros que tiene que recorrer para llegar a la terraza más un metro que se contempla para que quede por encima de este), y 40 cm de cada lado de la sección rectangular.

⁴ <http://www.isover.net/programaconductos/>

Anexo 7: Recomendaciones

A continuación se presentan recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta por parte del hospital para mejorar el uso de este gas medicinal dentro del mismo. Si bien algunas no son inherentes a la sala, llevar a cabo estas sugerencias repercuten en el buen funcionamiento de la misma.

1. RED DE DISTRIBUCIÓN

- Existe un error en la asignación del color de identificación de las cañerías de aire medicinal dado que el color asignado por la norma ISO 5359 es amarillo, y en la actualidad es de color blanco. Además, se debe marcar el nombre o el símbolo del gas medicinal y la dirección de flujo. La letra utilizada no debe ser menor a 6mm. Esta recomendación se puede aplicar a todos los gases medicinales.
- Se debe verificar que exista cada 10 metros la identificación del gas medicinal. Esta recomendación se puede aplicar a todos los gases medicinales.
- Se debe señalar en cada válvula de corte la rama o zona controlada por las mismas. Esto es importante, dado que en caso de emergencia o de mantenimiento, se puede discernir de manera más fácil que sector se verá afectado ante el cierre de la misma.
- Lo ideal sería que las tuberías secundarias de terapia intensiva (aislados y general) y shock room estén dispuestas en forma de anillo ya que, si se debe realizar el mantenimiento en alguna de las camas, no se interrumpe el suministro en el resto de las mismas. La disposición actual es en forma longitudinal o “peine”, con lo cual en caso de mantenimiento se debe cerrar la llave principal interrumpiendo el suministro en el servicio completo. De igual manera, si no es posible realizar esta instalación, se plantea la colocación de válvulas de corte en cada una de las camas para disminuir la cantidad de camas fuera de servicio.

Otra llave de corte que se debe colocar es en el servicio de angiografía, dado que para realizar un mantenimiento en el mismo, se debe cortar la llave de suministro principal interrumpiendo el suministro en todo diagnóstico por imagen.

- Antes de realizar la implementación del nuevo diseño para la sala de generación de aire medicinal se sugiere realizar ensayos en el sistema de distribución, para poder

determinar y reparar las fugas existentes. Si bien esta sugerencia fue realizada en el Capítulo IV, los ensayos recomendados son los establecidos por la norma IRAM-ISO 7396-1 son:

- ❖ Ensayo de fugas de los sistemas de cañería de gases medicinales comprimidos;
- ❖ Ensayo de integridad mecánica de los sistemas de cañería de gases medicinales comprimidos;
- ❖ Ensayo de obstrucción y flujo.

2. RESPONSABILIDADES

Se sugiere tener en cuenta el apartado G.2 “Requisitos estatutarios” del Anexo G: “Gestión Operacional” de la norma IRAM-ISO 7396-1, el cual establece las responsabilidades que deben ser delegadas para asegurar que las instalaciones y actividades que se efectúen dentro de la sala de máquinas lo hagan bajo la reglamentación correspondiente.

El mismo establece títulos o nombres genéricos para el personal del hospital u organismos externos que trabajen en él, asignando cada una de las funciones que se deben ejercer y responsabilidades que cada una de las mismas conlleva.

3. HERRAMIENTA QUIRÚRGICA

- Antes de realizar la instalación de la batería de cilindros para accionamiento de herramientas quirúrgicas, se recomienda seguir los ensayos mencionados en el apartado “Red de distribución”;
- Una vez realizada la instalación, se deben cambiar los acoples existentes en quirófano. Los mismos deben especificar que su utilización es únicamente para la herramienta de traumatología, dado que la fuente de provisión es la batería de cilindros;
- Se sugiere que la herramienta quirúrgica no sea utilizada hasta que se realice la correspondiente instalación en la sala por el peligro que conlleva la utilización de cilindros dentro del servicio. En caso de urgencia, si se hace uso de la misma, se

recomienda que el accionamiento sea con aire medicinal y no con nitrógeno, dado que si existe fuga de este último se produce un desplazamiento de oxígeno en el ambiente de trabajo generando hipoxia en los pacientes y el personal.

4. MANTENIMIENTO

Este apartado hace referencia a los procedimientos que se deben llevar a cabo por parte del personal técnico del hospital (en caso de no ser posible, tercerizar el mismo) para poder garantizar la fiabilidad de los componentes como así también el correcto funcionamiento durante su vida útil. Esto evita que interrumpir el funcionamiento normal de los equipos o componentes de la sala, que si bien, el mantenimiento de alguno de ellos requiere que el mismo quede fuera de funcionamiento, esto puede ser planificado por el personal. A continuación se presenta una tabla con las tareas a realizar y el intervalo de tiempo en que deben llevarse a cabo.

INTERVALO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA
DIARIAMENTE	<ul style="list-style-type: none"> ● Revisar el correcto funcionamiento del drenaje automático de todos los componentes que lo poseen (tanque de reserva, colectores); ● Revisar el correcto funcionamiento de los drenajes de los separadores de líquidos de los postenfriadores ● Controlar el funcionamiento de la descarga de condensados del secador frigorífico⁵
SEMANALMENTE	<ul style="list-style-type: none"> ● Revisar y limpiar los filtros de entrada de los compresores; ● Limpiar el postenfriador (se puede soplar con aire comprimido mientras que no se utilicen presiones excesiva);
MENSUALMENTE	<ul style="list-style-type: none"> ● Revisar la tensión de las correas y ajustar de ser necesario; ● Revisar la correcta operación de las válvulas de seguridad; ● Revisar si hay fugas en las cañerías de la sala y ajustar de ser necesario; ● Revisar los terminales y conexiones eléctricas y ajustar de ser necesario; ● Alternar la operación de cada uno de los secadores frigoríficos para producir un

⁵ Limpieza del evacuador de condensados a las 50 horas después de la 1ª puesta en marcha

	<p>desgaste parejo en los mismos;</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Controlar el funcionamiento del evacuador de condensados del secador frigorífico; ● Limpiar el fluidificador del agente frigorífico en la superficie del condensador del secador frigorífico; ● Limpiar el purgador de la cadena de filtrado; ● Ensayar el funcionamiento correcto de todas las alarmas del panel de control, en especial las alarmas operacionales de emergencia; ● Alternar el funcionamiento de los filtros dispuestos en la cadena de filtros (una vez que se encuentre la cadena de filtros completa, es decir, los 8 filtros); ● Inspección visual de las protecciones fijas de los compresores, ajustar el mismo de ser necesario.
TRIMESTRALMENTE	<ul style="list-style-type: none"> ● Controlar el equipamiento eléctrico del secador frigorífico. Si hay averías comprobadas, tales como uniones sueltas y/o cables en malas condiciones, deben eliminarse inmediatamente; ● Comprobar la estanqueidad de todos los conductos, mangueras y conexiones, como así también controlar si hay averías reconocibles por fuera.
CADA 6 MESES	<ul style="list-style-type: none"> ● Calibrar el sensor del monitor de CO;
ANUALMENTE	<ul style="list-style-type: none"> ● Cambiar el filtro de entrada de los compresores; ● Cambiar la rama de la cadena de filtro que corresponda (el recambio del elemento filtrante queda sujeto a la caída de presión que se pueda observar en sus manómetros. Se debe realizar cuando la presión caiga a un valor comprendido entre 0,7 kg/cm² a 1 kg/cm²); ● Realizar mantenimiento al compresor que corresponda (queda sujeto al contador horas del PLC que indica las horas de funcionamiento del compresor. En caso de superar las 700 horas, se debe realizar mantenimiento); ● Limpieza del evacuador de condensados del secador frigorífico; ● Verificar el estado general del exterior del tanque de reserva: se verificará que no se ha producido deterioro evidente externo en el equipo de manera que pueda constituir un riesgo. Especialmente se debe vigilar la presencia de abolladuras, corrosiones, fisuras, fugas, rezumes. Estado de juntas y costuras; ● Válvulas, en general se comprobará su aptitud y buen estado; ● Verificación del estado de las válvulas de seguridad, se debe verificar su buen estado y que no presente deterioro físico alguno, se verificará el estado del precinto de la válvula, se verificará que este dispositivo no ha actuado a consecuencia de una sobrepresión. Se desmontará completamente,

	<p>comprobando que sus distintos elementos no presentan anomalías;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificación del manómetro, chequear su buen estado y que no presente deterioro físico alguno. Además se debe verificar su correcto funcionamiento mediante comparación con manómetro patrón. Comprobar que el tubo de conexión está libre de obstrucciones; • Verificar sistemas de maniobra, su buen estado y que no presente deterioro físico alguno, y asegurar su correcto funcionamiento;
CADA 2 AÑOS	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el sensor del monitor de punto de rocío (mediante un instrumento portátil calibrado)
CADA 5 AÑOS	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la estructura del tanque de reserva y verificar el funcionamiento de los elementos de seguridad del mismo. Se debe realizar una prueba a la válvula de alivio, sometiéndola a una presión 20% mayor a la máxima posible en la línea.

Se debe tener en cuenta que toda operación de mantenimiento preventivo del dispositivo tendrá prioritariamente en cuenta las recomendaciones expuestas por el fabricante. Si el fabricante expone alguna lista de piezas de repuesto que son recomendadas para cada uno de los componentes, se deberán utilizar (si ello es posible) los mismos.