

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**



**HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS  
DOCTOR CARLOS SÁENZ HERRERA  
CENTRO DE CIENCIAS MÉDICAS  
DE LA C.C.S.S**



**REDISEÑO DEL SISTEMAS DE GASES MÉDICOS  
INVENTARIO Y MANUALES DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS  
INDUSTRIALES DEL HOSPITAL**

**INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**GREIVIN ALBERTO LÓPEZ VILLALOBOS**

**CARTAGO, JUNIO DE 2006**

**PROFESOR ASESOR**

---

**ING. GUILLERMO RODRÍGUEZ ZÚÑIGA**

**ASESOR INDUSTRIAL**

---

**ING. MARLON HERNÁNDEZ ROJAS**

**TRIBUNAL EVALUADOR**

---

---

---

### Información del estudiante:

|   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| <b>Nombre:</b><br>Greivin Alberto López<br>Villalobos   | <b>Cédula:</b><br>2-0554-0403                 | <b>Carné ITCR:</b><br>9932522        |
| <b>Teléfono en época lectiva:</b><br>591-1384   | <b>Teléfono época no lectiva:</b><br>463-2139 | <b>Teléfono celular:</b><br>364-0866 |
| <b>E-mail:</b><br><a href="mailto:galv17@gmail.com">galv17@gmail.com</a>  |   | <b>Fax:</b>                          |
| <b>Dirección de su residencia en época lectiva:</b><br>100 metros Este y 25 al Sur del parque del residencial el Silo, Tejar del Guarco.                      |   |                                      |
| <b>Dirección de su residencia en época no lectiva:</b><br>700 metros Oeste de la Escuela Eida Vargas Carranza, San Antonio de Barranca, Zarcero, Alfaro Ruiz. |   |                                      |

### Información del proyecto

|   |   |
|---|---|
| <b>Nombre del proyecto de ingeniería:</b><br>Rediseño del sistema de gases médicos  |   |
| <b>Nombre del proyecto de la administración del mantenimiento:</b><br>Inventario y manuales de mantenimiento de para los equipos industriales del Hospital. |   |
| <b>Profesor asesor:</b><br>Ing. Guillermo Rodríguez Zúñiga  | <b>Horario de trabajo del estudiante:</b><br>De Lunes a Viernes de 7:00 a 16:00 |

### Información de la empresa

|   |                          |   |
|---|--------------------------|---|
| <b>Nombre:</b><br>Hospital Nacional de Niños            | <b>Zona:</b><br>San José | <b>Apartado:</b><br>1654-1000, Costa Rica |
| <b>Teléfono:</b><br>222-0122, Ext. 4305                 | <b>Fax:</b><br>256-1655  |   |
| <b>Dirección:</b><br>Paseo Colón, San José, Costa Rica. |                          |   |
| <b>Actividad principal:</b><br>Hospital                 |                          |   |

## **Dedicatoria**

Dedico especialmente este proyecto a Nuestro Padre, Dios Todopoderoso y a mi Madre la Virgen María, en quienes deposito día con día mi confianza y fe, para alcanzar y cumplir todas las metas que me he propuesto alcanzar en la vida.

Por último dedico mi proyecto a mi madre, Rafaela Villalobos López, a mi padre Víctor Julio López Retana y a mi hermano Julio Andrés López Villalobos, por todo el apoyo incondicional en todos los años de preparación profesional.

*“Confía de todo corazón en el Señor  
y no en tu propia inteligencia.  
Ten presente al Señor en todo lo que  
hagas, y él te llevará por el camino recto.”  
Proverbios 3, 5-6.*

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente de corazón al Divino niño Jesús y a la Santísima Trinidad, por concederme fuerza para enfrentar con valor y fe los momentos difíciles de las diferentes etapas de la vida.

También un agradecimiento muy especial a mi madre y padre, por haberme dado el regalo de la vida, por todo su amor, sus consejos y enseñanzas, por haber inculcado en mí el deseo de lucha y superación, de enfrentar los obstáculos con valor y decisión, de alcanzar y trabajar arduamente por lo que se quiere haciendo bien las cosas, y a mi hermano por su comprensión y paciencia durante todos los años de estudio.

Agradecimientos al personal administrativo y técnico del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños, por el apoyo y cordialidad al hacer posible la realización de los proyectos.

Al Ing. Guillermo Rodríguez Zúñiga, por haber compartido su experiencia durante la práctica de especialidad. A todos los profesores de Instituto Tecnológico de Costa Rica, por haber colaborado en mi formación profesional.

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Capítulo 1. Introducción.....   | 22 |
| 1.1. Objetivos para el proyecto de diseño de ingeniería .....                       | 22 |
| 1.1.1. Objetivo general.....  | 22 |
| 1.1.2. Objetivos específicos.....   | 22 |
| 1.2. Objetivos para el proyecto de administración del mantenimiento industrial..... | 23 |
| 1.2.1. Objetivo general.....  | 23 |
| 1.2.2. Objetivo específicos.....  | 23 |
| 1.3. Definición del problema .....  | 24 |
| Capítulo 2. Reseña histórica del Hospital Nacional de Niños.....                    | 27 |
| 2.1. Antecedentes.....  | 27 |
| 2.2. Epidemia de poliomielitis, 1954.....   | 29 |
| 2.3. Campaña nacional para financiar las nuevas instalaciones.....                  | 30 |
| 2.4. Programa de necesidades y planos preliminares .....                            | 30 |
| 2.5. Programa de necesidades .....  | 31 |
| 2.6. Planos definitivos (28-05-56 – 2-5-57).....                                    | 31 |
| 2.7. Localización del futuro edificio .....   | 32 |
| 2.8. Iniciación de los trabajos de construcción 28-11-59 .....                      | 32 |
| 2.9. Entrega de la obra del edificio, noviembre 1962 y costo de la obra.....        | 32 |
| 2.10. Inauguración, Mayo 1964.....  | 33 |
| 2.11. Inicio de labores.....  | 33 |
| 2.12. Hacia un centro de ciencias médicas.....                                      | 35 |
| 2.13. Construcción del centro de especialidades médicas .....                       | 36 |
| 2.14. Visión.....   | 37 |
| 2.15. Visión.....   | 37 |
| 2.16. Organigrama.....  | 38 |

|   |    |
|---|----|
| Capítulo 3. Proyecto de administración del mantenimiento industrial.....        | 39 |
| 3.1. Introducción y definición del mantenimiento preventivo (MP).....           | 39 |
| 3.2. Objetivos del mantenimiento preventivo.....                                | 39 |
| 3.3. Ventajas del mantenimiento preventivo.....                                 | 40 |
| 3.4. Justificación del proyecto.....  | 41 |
| 3.5. Metodología.....   | 43 |
| 3.6. Objetivos que se pretenden alcanzar con la utilización del formulario..... | 45 |
| 3.6.1. Objetivo general.....  | 45 |
| 3.6.2. Objetivos específicos.....   | 45 |
| 3.7. Contenido de la fórmula.....   | 46 |
| 3.7.1. Encabezado.....  | 46 |
| 3.7.2. Localización.....  | 47 |
| 3.7.3. Apartado 1.....  | 49 |
| 3.7.3.1. Identificación del equipo.....   | 49 |
| 3.7.3.2. Grupo de equipo.....   | 50 |
| 3.7.3.3. Nivel tecnológico.....   | 51 |
| 3.7.3.4. Dimensiones.....   | 51 |
| 3.7.4. Apartado 2: Datos generales del equipo.....                              | 52 |
| 3.7.4.1. Forma de adquisición.....  | 52 |
| 3.7.4.2. Documentación técnica.....   | 53 |
| 3.7.4.3. Fechas relevantes.....   | 54 |
| 3.7.4.4. Vida útil física restante (en años).....                               | 55 |
| 3.7.4.5. Costos relevantes.....   | 56 |



|  |    |
|--|----|
| 3.7.5. Apartado 3: Características técnicas.....                 | 58 |
| 3.7.5.1. Tipo fuente de alimentación .....                       | 58 |
| 3.7.5.2. Tipo de tecnología.....                                 | 58 |
| 3.7.5.3. Sistemas de seguridad .....                             | 59 |
| 3.7.5.4. Tipo de alarma.....                                     | 59 |
| 3.7.5.5. Desecho generado .....                                  | 59 |
| 3.7.5.6. Características del desecho .....                       | 60 |
| 3.7.5.7. Manejo y tratamiento del desecho.....                   | 60 |
| 3.7.6. Apartado 4: Estado del equipo .....                       | 61 |
| 3.7.6.1. Físico.....   | 61 |
| 3.7.6.2. Operación.....  | 62 |
| 3.7.6.3. Causas de irregularidad o inactividad en operación..... | 62 |
| 3.7.6.4. Tipo de avería .....                                    | 65 |
| 3.7.6.5. Avería reparable.....                                   | 66 |
| 3.7.6.6. Causas de la no reparación.....                         | 66 |
| 3.7.6.7. Monto de la reparación.....                             | 67 |
| 3.7.7. Apartado 5: Ejecución del mantenimiento .....             | 68 |
| 3.7.7.1. Tipo de mantenimiento aplicado.....                     | 68 |
| 3.7.7.2. Responsable de la ejecución.....                        | 69 |
| 3.7.7.3. Tipo de contrato de mantenimiento .....                 | 70 |
| 3.7.8. Apartado 6: Recurso humano .....                          | 71 |
| 3.7.8.1. Personal de mantenimiento que atiende el equipo.....    | 71 |
| 3.7.8.2. Capacitación para ejecutar el mantenimiento.....        | 71 |
| 3.7.8.3. Personal que opera el equipo.....                       | 71 |
| 3.7.8.4. Capacitación para operar el equipo.....                 | 72 |
| 3.7.9. Apartado 7: Clasificación de equipos .....                | 72 |
| 3.7.9.1. Definición de criterios para clasificación.....         | 75 |
| 3.7.9.2. Árbol de decisión de la clasificación .....             | 78 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.7.10. Apartado 8: Observaciones.....   | 79  |
| 3.7.11. Apartado 9: Características operacionales.....   | 79  |
| 3.7.12. Apartado 10: Responsable del llenado de la información .....                                   | 80  |
| 3.8. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo ventana.....                          | 81  |
| 3.9. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo minisplit.....                        | 83  |
| 3.10. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo split.....                           | 85  |
| 3.11. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo paquete (unidades centrales).....    | 88  |
| 3.12. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo manejadoras de aire.....             | 91  |
| 3.13. Manual de mantenimiento para de sistemas de enfriamiento de agua (chiller) para manejadoras..... | 94  |
| 3.14. Manual de mantenimiento para las bombas centrífugas aplica a las bombas de los chillers.....     | 96  |
| 3.15. Manual de mantenimiento para las bombas vacío.....   | 101 |
| 3.16. Manual de mantenimiento para secadores de aire comprimido.....                                   | 104 |
| 3.17. Manual de mantenimiento para compresores de aire comprimido.....                                 | 107 |
| 3.18. Conclusiones y recomendaciones del proyecto de administración del mantenimiento.....             | 112 |
| 3.18.1. Conclusiones.....  | 112 |
| 3.18.2. Recomendaciones.....   | 113 |
| Capítulo 4. Proyecto de ingeniería: Rediseño del sistema de gases medicados.....                       | 114 |
| 4.1. Justificación del proyecto.....   | 114 |
| 4.2. Metodología .....   | 116 |
| 4.3. Sistema de aire comprimido medicado .....   | 117 |
| 4.3.1. Determinación de la carga total para sistema de aire medicado .....                             | 120 |
| 4.3.2. Verificación de los diámetros de la tuberías .....  | 126 |
| 4.3.3. Verificación de los secadores de aire comprimido .....  | 159 |
| 4.3.4. Verificación de los ángulos de inclinación de la tuberías .....                                 | 161 |
| 4.3.5. Verificación de la ubicación de las trampas .....   | 162 |

|  |            |
|--|------------|
| 4.4. Sistema de vacío médico.....  | 164        |
| 4.4.1. Parámetros y clasificaciones de las bombas de vacío.....  | 170        |
| 4.4.2. Descripción breve de algunas bombas de vacío.....   | 171        |
| 4.4.3. Aplicaciones.....   | 174        |
| 4.4.3.1. La mecánica de la respiración.....  | 175        |
| 4.4.4. Determinación de la demanda para el sistema de vacío.....   | 178        |
| 4.4.5. Verificación de los diámetros de las tuberías del sistema de vacío.....   | 183        |
| 4.5. Sistema de aire industrial.....   | 220        |
| 4.5.1. Determinación de la demanda de aire.....  | 221        |
| 4.5.2. Verificación de los diámetros de las tuberías de aire industrial.....   | 225        |
| 4.6. Verificación del material de las tuberías.....  | 228        |
| 4.6.1. Verificación de los códigos de colores en las tuberías.....   | 228        |
| 4.7. Identificación de las tuberías.....   | 229        |
| 4.8. Conclusiones y recomendaciones del proyecto de ingeniería.....  | 230        |
| 4.8.1. Conclusiones.....   | 230        |
| 4.8.2. Recomendaciones.....  | 231        |
| <b>Tabla 4.3.1. Características del aire comprimido medicado.....</b>  | <b>118</b> |
| <b>Tabla 4.3.1.1. Cálculo de la demanda máxima para el edificio de Hospitalización y Especialidades Médicas. ...</b>                     | <b>121</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.1. Verificación de los diámetros de la ruta crítica. Zona C, primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas.....</b>       | <b>134</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.2. Verificación de los diámetros de los bajantes. Zona C, primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas.....</b>          | <b>135</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.3. Verificación de los diámetros de las tuberías matrices. Zona C, primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas.....</b> | <b>136</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.4. Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, primer piso, Infectología.....</b>                           | <b>137</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.5. Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, primer piso, Infectología.....</b>                  | <b>137</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.6. Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, primer piso, Infectología.....</b>                              | <b>138</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.7. Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, primer piso, Infectología.....</b>                     | <b>138</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.8. Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, segundo piso, Neonatología.....</b>                          | <b>139</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.9. Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, segundo piso, Neonatología.....</b>                             | <b>139</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.10. Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, tercer piso, Medicina 3.....</b>                            | <b>140</b> |
| <b>Tabla 4.3.2.11. Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, segundo piso, Medicina 3.....</b>                              | <b>140</b> |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 4.3.2.12.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, segundo piso, Medicina 3.....                                  | 140 |
| <b>Tabla 4.3.2.13.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, cuarto piso, Cirugía 3.....  | 141 |
| <b>Tabla 4.3.2.14.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, cuarto piso, Cirugía 3.....   | 141 |
| <b>Tabla 4.3.2.15.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, cuarto piso, Cirugía 3.....                                    | 141 |
| <b>Tabla 4.3.2.16.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, segundo piso, Medicina 5.....  | 142 |
| <b>Tabla 4.3.2.17.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, segundo piso, Medicina 5..                                  | 142 |
| <b>Tabla 4.3.2.18.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, segundo piso, Medicina 5.....   | 142 |
| <b>Tabla 4.3.2.19.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, segundo piso, Medicina 5.....                                  | 143 |
| <b>Tabla 4.3.2.20.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2.....                    | 143 |
| <b>Tabla 4.3.2.21.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2.....           | 143 |
| <b>Tabla 4.3.2.22.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2.....                       | 144 |
| <b>Tabla 4.3.2.23.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2.....              | 144 |
| <b>Tabla 4.3.2.24.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, cuarto piso, Cirugía 2.....  | 144 |
| <b>Tabla 4.3.2.25.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, cuarto piso, Cirugía 2.....                                 | 145 |
| <b>Tabla 4.3.2.26.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, cuarto piso, Cirugía 2.....   | 145 |
| <b>Tabla 4.3.2.27.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, cuarto piso, Cirugía 2.....                                    | 145 |
| <b>Tabla 4.3.2.28.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, segundo piso, Medicina 4.....  | 146 |
| <b>Tabla 4.3.2.29.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, segundo piso, Medicina 4.....   | 146 |
| <b>Tabla 4.3.2.30.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, segundo piso, Medicina 4.....                                  | 146 |
| <b>Tabla 4.3.2.31.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Tercer piso, Medicina 1.....   | 147 |
| <b>Tabla 4.3.2.32.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Tercer piso, Medicina 1.....                                | 147 |
| <b>Tabla 4.3.2.33.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Tercer piso, Medicina 1.....  | 147 |
| <b>Tabla 4.3.2.34.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Tercer piso, Medicina 1.....                                   | 148 |
| <b>Tabla 4.3.2.35.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4.....          | 148 |
| <b>Tabla 4.3.2.36.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4..... | 149 |
| <b>Tabla 4.3.2.37.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4.....             | 149 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 4.3.2.38.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4 .....            | 150 |
| <b>Tabla 4.3.2.39.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido .....                              | 151 |
| <b>Tabla 4.3.2.40.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido.....                      | 151 |
| <b>Tabla 4.3.2.41.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido .....                                 | 151 |
| <b>Tabla 4.3.2.42.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido .....                        | 151 |
| <b>Tabla 4.3.2.43.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Primer piso, Nebulizaciones .....   | 152 |
| <b>Tabla 4.3.2.44.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Primer piso, Nebulizaciones.....   | 152 |
| <b>Tabla 4.3.2.45.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Tercer piso, Transplantes .....   | 153 |
| <b>Tabla 4.3.2.46.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Tercer piso, Transplantes .....  | 153 |
| <b>Tabla 4.3.2.47.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Tercer piso, Transplantes .....   | 153 |
| <b>Tabla 4.3.2.48.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Cuarto piso, Salas de operación y Recuperación .....                          | 154 |
| <b>Tabla 4.3.2.49.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Cuarto Piso, Salas de operación y Recuperación .....                 | 155 |
| <b>Tabla 4.3.2.50.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Cuarto piso, Salas de operación y Recuperación .....                             | 156 |
| <b>Tabla 4.3.2.51.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Procedimientos y Toma de muestras, Tercer piso , Especialidades médicas .....         | 157 |
| <b>Tabla 4.3.2.52.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Procedimientos y Toma de muestras, Tercer piso, Especialidades médicas ..... | 157 |
| <b>Tabla 4.3.2.53.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Procedimientos y Toma de muestras, Tercer piso, Especialidades médicas .....             | 157 |
| <b>Tabla 4.3.2.54.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Procedimientos y Toma de muestras, Tercer piso, Especialidades médicas .....    | 157 |
| <b>Tabla 4.3.2.55.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Curaciones, Tratamiento microscópico, Cuarto piso, Especialidades médicas.....        | 158 |
| <b>Tabla 4.3.2.56.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Curaciones, Tratamiento microscópico, Cuarto piso, Especialidades médicas.....           | 158 |
| <b>Tabla 4.4.3.1.</b> Aplicaciones de las técnicas de vacío.....   | 175 |
| <b>Tabla 4.4.4.1.</b> Cálculo de la demanda máxima para el edificio de Hospitalización y Especialidades Médicas.....   | 179 |
| <b>Tabla 4.4.5.1.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas .....                            | 184 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 4.4.5.2.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas ..... | 185 |
| <b>Tabla 4.4.5.3.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas .....             | 185 |
| <b>Tabla 4.4.5.4.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas .....    | 186 |
| <b>Tabla 4.4.5.5.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Primer piso, Infectología .....                              | 187 |
| <b>Tabla 4.4.5.6.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, Primer piso, Infectología .....                     | 188 |
| <b>Tabla 4.4.5.7.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Primer piso, Infectología.....                                  | 188 |
| <b>Tabla 4.4.5.8.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Primer piso, Infectología.....                         | 189 |
| <b>Tabla 4.4.5.9.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Segundo piso, Neonatología.....                              | 190 |
| <b>Tabla 4.4.5.10.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Segundo piso, Neonatología .....                               | 190 |
| <b>Tabla 4.4.5.11.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Tercer piso, Medicina 3.....                                | 191 |
| <b>Tabla 4.4.5.12.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 3 .....                                | 191 |
| <b>Tabla 4.4.5.13.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 3.....                        | 192 |
| <b>Tabla 4.4.5.14.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 3 .....                                   | 192 |
| <b>Tabla 4.4.5.15.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 3 .....                          | 193 |
| <b>Tabla 4.4.5.16.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Segundo piso, Medicina 5.....                               | 194 |
| <b>Tabla 4.4.5.17.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, segundo piso, Medicina 5..                         | 195 |
| <b>Tabla 4.4.5.18.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Segundo piso, Medicina 5.....                                  | 196 |
| <b>Tabla 4.4.5.19.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Segundo piso, Medicina 5.....                         | 197 |
| <b>Tabla 4.4.5.20.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2 .....          | 198 |
| <b>Tabla 4.4.5.21.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, Tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2.....  | 198 |
| <b>Tabla 4.4.5.22.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2 .....             | 199 |
| <b>Tabla 4.4.5.23.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2 .....    | 199 |
| <b>Tabla 4.4.5.24.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 2 .....                                | 200 |
| <b>Tabla 4.4.5.25.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 2.....                        | 200 |
| <b>Tabla 4.4.5.26.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 2 .....                                   | 200 |
| <b>Tabla 4.4.5.27.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 2 .....                          | 201 |
| <b>Tabla 4.4.5.28.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Segundo piso, Medicina 4.....                               | 201 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 4.4.5.29.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Segundo piso, Medicina 4 .                                   | 202 |
| <b>Tabla 4.4.5.30.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Segundo piso, Medicina 4 .....   | 203 |
| <b>Tabla 4.4.5.31.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Segundo piso, Medicina 4 .....                                  | 204 |
| <b>Tabla 4.4.5.32.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Tercer piso, Medicina 1.....  | 205 |
| <b>Tabla 4.4.5.33.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Tercer piso, Medicina 1 .....                                | 206 |
| <b>Tabla 4.4.5.34.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Tercer piso, Medicina 1 .....  | 206 |
| <b>Tabla 4.4.5.35.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Tercer piso, Medicina 1 .....                                   | 207 |
| <b>Tabla 4.4.5.36.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4 .....          | 208 |
| <b>Tabla 4.4.5.37.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4 ..... | 209 |
| <b>Tabla 4.4.5.38.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4 .....             | 209 |
| <b>Tabla 4.4.5.39.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4 .....    | 210 |
| <b>Tabla 4.4.5.40.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido .....                      | 211 |
| <b>Tabla 4.4.5.41.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo, y Ultrasonido.....             | 211 |
| <b>Tabla 4.4.5.42.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido .....                         | 211 |
| <b>Tabla 4.4.5.43.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido .....                | 211 |
| <b>Tabla 4.4.5.44.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Primer piso, Nebulizaciones .....                                     | 212 |
| <b>Tabla 4.4.5.45.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Primer piso, Nebulizaciones.....   | 212 |
| <b>Tabla 4.4.5.46.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Tercer piso, Transplantes .....                                       | 212 |
| <b>Tabla 4.4.5.47.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Tercer piso, Transplantes..                                  | 213 |
| <b>Tabla 4.4.5.48.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Tercer piso, Transplantes .....  | 213 |
| <b>Tabla 4.4.5.49.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Tercer piso, Transplantes .....                                 | 213 |
| <b>Tabla 4.4.5.50.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Cuarto piso, Salas de operación y Recuperación .....                  | 214 |
| <b>Tabla 4.4.5.51.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Cuarto piso, Salas de operación y Recuperación .....         | 215 |
| <b>Tabla 4.4.5.52.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Cuarto piso, Salas de operación y Recuperación .....                     | 217 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 4.4.5.53.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Cuarto piso, Salas de operación y Recuperación .....  | 218 |
| <b>Tabla 4.4.5.54.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Tercer piso, Procedimientos y Toma de muestras, Especialidades médicas .....  | 218 |
| <b>Tabla 4.4.5.55.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Tercer piso, Procedimientos y Toma de muestras, Especialidades médicas .....   | 219 |
| <b>Tabla 4.4.5.56.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, Tercer piso, Procedimientos y Toma de muestras, Especialidades médicas.....  | 219 |
| <b>Tabla 4.5.1.1.</b> Cálculo de la demanda máxima de aire comprimido industrial para el edificio de hospitalización.....  | 224 |
| <b>Tabla 4.5.1.1.</b> Verificación de los diámetros de la ruta crítica, taller del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento  | 226 |
| <b>Tabla 4.5.1.2.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, sistema de aire industrial .....  | 226 |
| <b>Tabla 4.5.1.3.</b> Verificación de los diámetros de los bajantes, sistema de aire industrial .....  | 226 |
| <b>Tabla 4.5.1.4.</b> Verificación de los diámetros de las tuberías de interconexión, sistema de aire industrial .....   | 227 |
| <b>Tabla 4.6.1.1.</b> Designación de colores estándar, para sistemas de gas y vacío.....   | 228 |
| <b>Tabla A.1.</b> Factor de corrección por temperatura.....  | 236 |
| <b>Tabla A.2.</b> Cantidad de granos por libra contenida en el aire de acuerdo con la humedad relativa.....  | 237 |
| <b>Tabla A.3.</b> Factor de corrección por humedad relativa.....   | 237 |
| Figura 4.3.4.1. Soportes metálicos de las tuberías de gases médicos.....   | 161 |
| Figura 4.4.1. Equipo que utilizó Berti para producir por primera vez vacío, alrededor de 1640.....   | 165 |
| Figura 4.4.2. Barómetro construido por Torricelli en 1644.....   | 167 |
| Figura 4.4.1.1. Sección transversal esquemática de un sistema industrial de vacío. ....  | 170 |
| Figura 4.4.1.2. Rasgos de presión para bomba de vacío .....  | 171 |
| Figura 4.4.2.1. Bomba de Sprengel .....  | 172 |
| Figura 4.4.2.2. Bomba mecánica de paleta rotatoria en acción. A) Las paletas deslizantes se mueven cuando el rotor gira. El volumen entre la entrada y la paleta inferior es incrementado; esto causa que el gas se mueva dentro de esta área desde la entrada. B) El gas ha sido aislado del sistema de vacío y comienza a empujarse hacia la válvula de descarga. C) El gas se comprime ligeramente arriba de la presión atmosférica. La válvula de descarga se abre y el gas es expulsado fuera de la bomba a través del aceite en el recipiente..... | 173 |
| Figura 4.4.3.1. Pulmones humanos .....   | 177 |
| Figura 4.4.3.2. Pulmones artificiales.....   | 177 |
| Figura A.1. Caudales de diseño y factores de simultaneidad para diferentes áreas de un hospital, para una red de aire medicado .....   | 234 |
| Figura A.2. Factor de corrección por altura para sistemas de compresores de aire medicado. ....  | 235 |
| Figura A.3. Caída de presión por 100 pies de tubería de cobre .....  | 238 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura A.4. Especificaciones para la selección de los secadores de aires, marca Donaldson Ultrafilter.....                  | 240 |
| Figura A.5. Secador de aire Donaldson Ultrafilter.....  | 241 |
| Figura B.1. Caudales de diseño y factores de simultaneidad para diferentes áreas de un hospital, para una red de vacío..... | 242 |
| Figura B.2. Factor de corrección por altura para sistemas de vacío médico.....  | 243 |
| Figura B.3. Curvas características de las bombas de vacío VCEH-250.....   | 244 |
| Figura B.4. Caída de presión por 100 pies de tubería de cobre.....  | 245 |
| Figura C.2. Medidas de tramos estándar para tuberías de cobre tipo L.....   | 248 |
| Figura C.3. Coeficientes de utilización para algunas herramientas.....  | 249 |
| Figura D.1. Designación de colores estándar para sistemas de gases médicos y no médicos.....                                | 250 |
| Bibliografía.....   | 233 |
| Apéndices.....  | 234 |
| Apéndice A. Sistema de aire medicado.....   | 234 |
| Apéndice B. Sistema de vacío.....   | 242 |
| Apéndice C. Sistema de aire comprimido industrial.....  | 247 |
| Apéndice D. Información general.....  | 250 |
| Anexos.....   | 251 |

## **Resumen**

El presente informe contiene la descripción de la práctica profesional de especialidad para optar por el grado de licenciatura en ingeniería en mantenimiento industrial realizada en el Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños, el cual se encuentra ubicado en Paseo Colón de la capital de Costa Rica, San José. La práctica profesional de especialidad, consistió en realizar un proyecto en la administración del mantenimiento y otro en el diseño de ingeniería.

El proyecto de la administración del mantenimiento consistió en realizar el inventario y los manuales de mantenimiento preventivo del equipo industrial existente en los tres edificios del Hospital (Hospitalización, Especialidades Médicas y el edificio de Tamizaje).

Actualmente se lleva a cabo la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para todos los equipos industriales, médicos, arquitectónicos o de infraestructura del Hospital Nacional de Niños, y al no conocerse la cantidad y ubicación de éstos, es indispensable para el Servicio de Ingeniería y Mantenimiento contar con un inventario y a la vez de los manuales de mantenimiento respectivo para cada equipo, esto con el fin de darle el seguimiento y desarrollo al plan de mantenimiento en el Hospital.

El equipo seleccionado forma parte de los sistemas de aire acondicionado, aire comprimido, bombas de vacío y bombas centrífugas. Para el desarrollo del proyecto, se utilizó el formato establecido por la Dirección y Conservación de Mantenimiento de la Caja Costarricense del Seguro Social.

El proyecto de ingeniería consistió en realizar el rediseño del sistema de gases médicos del Hospital, el cual está compuesto por el sistema de aire comprimido medicado y el sistema de vacío, éstos cuentan con diferentes componentes como lo son compresores, filtros, secadores de aire comprimido, bombas de vacío. Este proyecto se realizó con el fin de verificar si los equipos utilizados están en capacidad de suplir la demanda que requieren los diferentes servicios que utilizan aire y vacío, así como soportar una futura ampliación, también se realizó con tal de verificar los diámetros de las diferentes tuberías utilizadas en los dos sistemas.

Para su realización, evaluación y rediseño se tomaron como referencia los criterios establecidos por la norma NFPA 99 (National Fire Protection Association), en lo referente a los requisitos que deben cumplir los elementos que conforman un sistema de gases médicos.

## **Summary**

The formless present contains the description of the professional practice of specialty to opt for the degree grade in engineering in industrial maintenance carried out in the Service of Engineering and Maintenance of the National Hospital of Children, which is located in Walk Columbus of the capital of Costa Rica, San José. The professional practice of specialty, consisted on carrying out a project in the administration of the maintenance and another in the engineering design.

The project of the administration of the maintenance consisted on carrying out the inventory and the manuals of preventive maintenance of the existent industrial team in the three buildings of the Hospital (Hospitalisation, Medical Specialties and the building of Tamizaje).

At the moment it is carried out the implementation of a plan of preventive maintenance for all the industrial equipment, medical, architectural or of infrastructure of the National Hospital of Children, and when not being known the quantity and location of these, it is indispensable for the Service of Engineering and Maintenance to have an inventory and at the same time of the manuals of respective maintenance for each team, this with the purpose of giving the pursuit and development to the maintenance plan in the Hospital.

The selected team is part of the air conditioning systems, compressed air, vacuum bombs and centrifugal bombs. For the development of the project, the format was used settled down by the Address and Conservation of Maintenance of the Caja Costarricense del Seguro Social.

The engineering project consisted on carrying out the I redraw of the system of medical gases of the Hospital, which is compound for the system of prescribed compressed air and the hole system, these have different components as they are it compressors, filters, dryers of compressed air, hole bombs. This project was carried out with the purpose of verifying if the used teams are in capacity of replacing the demand that you/they require the different services that use air and hole, as well as to support a future amplification, he/she was also carried out with such of verifying the diameters of the different pipes used in the two systems.

For their realization, evaluation and I redraw they took like reference the approaches settled down by the norm NFPA 99 (National Fire Protection Association), regarding the requirements that should complete the elements that conform a system of medical gases.

## **Capítulo 1. Introducción**

A continuación se presentará el objetivo general y los objetivos específicos tanto para el proyecto de diseño de ingeniería, como el de administración del mantenimiento industrial.

### **1.1. Objetivos para el proyecto de diseño de ingeniería.**

#### **1.1.1. Objetivo general.**

- a. Diagnóstico del sistema de aire comprimido medicado, del sistema de vacío, y aire comprimido industrial.

#### **1.1.2. Objetivos específicos.**

- a. Determinar la carga total para el sistema de vacío, aire comprimido medicado, y aire comprimido industrial.
- b. Determinar en el diseño existente, material y diámetros de las tuberías, sistemas de secado, y trampas de acuerdo con las normas vigentes establecidas para hospitales.

## **1.2. Objetivos para el proyecto de administración del mantenimiento industrial.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

- a. Realizar el inventario de la información técnica de equipos industriales en el hospital.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- a. Crear el inventario y crear los manuales de mantenimiento preventivo de los equipos industriales del hospital, específicamente realizar el manual de inspecciones.
- b. Digitalizar la información en Microsoft Excel.

### **1.3. Definición del problema**

El proyecto de la administración del mantenimiento se lleva a cabo debido a que en el Hospital Nacional de Niños, no existe un plan de mantenimiento preventivo, y debido a esto, el Servicio de Ingeniería y Mantenimiento, sabe de la existencia de los equipos con que cuenta en el hospital, pero no se sabe a ciencia cierta la cantidad, la ubicación y las características técnicas de los equipos.

Por eso uno de los pasos a desarrollar dentro del plan de mantenimiento es contar con el inventario y manuales de mantenimiento preventivo respectivo a los equipos industriales con que cuenta el hospital, específicamente aires acondicionados de todo tipo, compresores de aire, bombas de vacío, bombas centrífugas y secadores de aire, esto con el fin monitorear y controlar su estado, desempeño y funcionamiento del equipo.

Por esta razón, se planteó, realizar el inventario y el manual de mantenimiento preventivo al equipo instalado en el hospital, cuya responsabilidad de funcionamiento le compete al Servicio de Ingeniería y Mantenimiento.

Para lograr los objetivos planteados se utilizó el formulario que establece la Dirección y Conservación de Mantenimiento de la C.C.S.S.

Por otra parte resulta de interés institucional desarrollar y aplicar criterios que permitan determinar el grado de importancia que se debe asignar a los equipos médicos, industriales y de producción.



Se utiliza una metodología para recopilar datos de equipos médicos, industriales y de producción, como medio para evaluar; y un algoritmo para clasificar cada uno de los equipos; aplicando para ello criterios de riesgo, afectación, utilización, frecuencia y tiempo.

La información obtenida permite efectuar una mejor distribución de los recursos físicos, materiales, humanos y financieros, asignados a mantenimiento e identificar oportunidades de mejora en la gestión del mantenimiento de los equipos. Esto a su vez sirve de apoyo y sustento para la formulación de programas y planes de mantenimiento.

Por otra parte el Hospital Nacional de Niños cuenta con un sistema de gases médicos, los cuales se utilizan en los diferentes servicios del Hospital Nacional de Niños.

Debido a que se tienen siete compresores que operan las 24 horas del día, de los cuales solamente trabajan tres de ellos, que suministran aire medicado en el sistema a una presión de 4,137 bar (60 psig), no se ha calculado cual es la demanda máxima que requiere el sistema ya que en algunos servicios del Hospital se ha extendido la red tanto la de aire medicado como la de vacío a cuartos de hospitalización, salas de tratamiento entre otros, y además se han colocado varias salidas o tomas en lugares en donde anteriormente no se utilizaba el aire o vacío.

Este estudio se hace con el fin de verificar si los compresores y las bombas de vacío que operan actualmente están en capacidad de suplir adecuadamente la demanda que el sistema requiere, como base de trabajo para llevar a cabo una compra de equipos nuevos para que el sistema funcione adecuadamente. También se verifican que los diámetros utilizados en la red son los adecuados para distribuir el aire y mantener la presión constante con la mínima pérdida de presión estipulado por la Norma NFPA 99, tanto para el sistema de aire medicado como para el sistema de vacío, ya que muchos equipos médicos como los ventiladores que se utilizan en los servicios de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), Neonatología y otros servicios del hospital, funcionan a una presión de 4,137 bar (60 psig), y al realizarse las ampliaciones de la red, se han estado presentando caídas de presión considerables, que hacen que el agua que lleva el aire se condense y se introduzca en los ventiladores o el equipo trabaje deficientemente.

## **Capítulo 2. Reseña histórica del Hospital Nacional de Niños**

### **2.1. Antecedentes**

El Hospital San Juan de Dios ha proporcionado atención médica a la población infantil del país desde su fundación en 1845.

En una primera época, los niños se hospitalizaban en salones para adultos, cuando su número aumentó hubo necesidad de organizar el primer servicio aunque sin local propio. En septiembre de 1926 la Junta de Protección Social de San José acordó construir un pabellón pero no logró dar cumplimiento a este acuerdo. En 1932 trasladaron los niños a un edificio de madera frente a la municipalidad de San José, calle 16, en el cual albergaron los servicios “Llorente” y “Calderón Muñoz”. Finalmente ocuparon el pabellón “Jorge Mandas” cuya construcción habían terminado el 12 de octubre de 1944.

El 25 de julio de 1945, y como uno de los actos conmemorativos del primer centenario del Hospital San Juan de Dios, fue inaugurada la sección de pediatría, con una capacidad de 140 camas distribuidas así: sala “Calderón Muñoz” (26) para niñas, la sala “Llorente” (54) para varones y la sala “Celina Herrera de Sáenz”, para 60 lactantes.

En abril del mismo año de 1945, había iniciado labores el primer servicio de cirugía infantil que ocupó la Sala “José María Barrionuevo”, en el segundo piso de un edificio construido al sur de la capilla y como parte de la sección de cirugía general.

En el primer informe anual de la sección de pediatría (1945) se menciona la organización de un laboratorio clínico, de un cuerpo de enfermeras voluntarias, del patronato de damas voluntarias y la reorganización de la consulta externa que por entonces atendía 20 pacientes diarios clasificados en lactantes, pre-escolares y escolares.

En 1951 fue terminado un pabellón contiguo al existente, para los servicios de aislamiento (sótano), Facio 1 y Facio 2 (pacientes quirúrgicos), el nuevo servicio de lactantes y, en el cuarto piso, la pensión.

En 1952 el servicio de post-lactantes ocupó el antiguo local de lactantes y en enero de 1955, inició labores el servicio de prematuros.

Otros servicios que se incorporan posteriormente: fisioterapia, y una clínica dental (enero 1955), la escuela primaria, a cargo del Ministerio de Educación Pública (febrero de 1955), la atención de los recién nacidos del servicio de obstetricia, en enero de 1956; y en noviembre de este mismo año, la sala de preparación de fórmulas lácteas. Además, desde julio de 1948 se contaba con un servicio domiciliar, al cual se le encomendó el traslado a un hogar de niños dados de alta. El propósito de este servicio era lograr un giro de cama más alto, acortar la estancia en el hospital, disminuir los riesgos de infección intrahospitalaria y racionalizar los costos de operación.

## **2.2. Epidemia de poliomielitis, 1954**

Con motivo de la epidemia de la poliomielitis que azotó la población infantil de Costa Rica en los meses de marzo a agosto de 1954, la sección de pediatría del Hospital San Juan de Dios afrontó graves problemas de orden médico administrativo provocados por el inesperado alto número de casos afectados y el predominio de las formas paralíticas.

Las innarrables congojas sufridas por quienes tuvieron bajo su responsabilidad la atención de estos pequeños pacientes, inspiraron en el doctor Carlos Sáenz Herrera, Jefe de sección de pediatría del Hospital San Juan de Dios, la idea de mejorar las instalaciones existentes, construyendo a la vez, un edificio para la consulta externa, la cual desde 1949 operaba en una casa propiedad del Ministerio de Salubridad Pública, muy alejada del hospital y con las consiguientes limitaciones para la atención integral del niño enfermo.

Fue así como el Dr. Sáenz Herrera, con la aprobación de altos personeros de la Junta de Protección Social de San José y con la decidida ayuda de distinguidas personas de la sociedad, inició la campaña tendiente a recoger el dinero necesario para financiar la obra en proyecto.

### **2.3. Campaña nacional para financiar las nuevas instalaciones**

Las primeras gestiones ante el público se hicieron por medio de la prensa y de la radio los días 31 de marzo y el 1 de abril de 1954 y la respuesta obtenida fue la misma respuesta entusiasta y efectiva que el pueblo acostumbraba dar a favor de las causas nobles. Pronto se empezaron a recibir contribuciones de particulares, empresas privadas, del estado y sus instituciones, así el 1 de junio de 1954, en acto especial organizado al efecto, el Dr. Sáenz Herrera, presidente del Comité Pro-Construcción del Hospital Nacional de Niños, hizo entrega a la Junta de Protección Social de San José, en las personas de sus directivos don Fernando Valverde y don Máximo Terán, de  $\text{¢}1.037.970.10$  en efectivo y un pagaré por  $\text{¢}50.000,00$ , suma recaudada durante la campaña y depositada en el Banco Nacional de Costa Rica que espontáneamente actuó como tesorero.

### **2.4. Programa de necesidades y planos preliminares**

Por medio del Servicio Cooperativo Interamericano de Salubridad Pública (SCISP), se obtuvieron los servicios del señor Peter Pfisterer, arquitecto de hospitales, quien realizó los estudios preliminares y la estimación del costo del proyecto.

El alto costo de los trabajos necesarios para remodelar los pabellones existentes y de la construcción del edificio para la consulta externa por una parte y por otra, la seguridad de que no serían resueltos todos los problemas de planta física, en particular los derivados del factor distancia entre la sección de pediatría y servicios como rayos x, salas de operaciones, consulta externa; inclinaron la decisión final a favor de la construcción de un hospital. El Dr. Sáenz Herrera, con el asesoramiento de técnicos en la materia, elaboró entonces el Programa de Necesidades del Hospital Nacional de Niños.

## **2.5. Programa de necesidades**

El programa de necesidades dio base a los planos preliminares preparados por el Arq. Pfisterer, éstos fueron objeto de revisión en diciembre de 1954, por técnicos de la División de Facilidades Hospitalarias del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de Norteamérica, gracias a la valiosa ayuda de los señores Marshall Shaffer, John W. Cronin y colaboradores.

Aceptadas las modificaciones propuestas en Washington, y aprobados los planos preliminares por la Dirección General de Asistencia Médico social, siguió adelante el proyecto con la confección de los planos definitivos.

## **2.6. Planos definitivos (28-05-56 – 2-5-57)**

Ante el fracaso, por razones diversas, para contratar en el país la preparación de los planos de trabajo y sus especificaciones, se decidió encargarlos a una firma extranjera de reconocido prestigio profesional.

Fue así como el 28 de mayo de 1956, con la financiación conjunta de la Junta y del Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública, se firmó el contrato correspondiente con la firma de ingenieros y arquitectos “White, Noaskes y Neubaeur”, de Washington, DC., en virtud del cual cinco ingenieros costarricenses se trasladaron a Washington para participar en la confección de los planos de trabajo antes mencionados. La firma Gordon A. Freisen, que por esta época cumplía en Costa Rica un contrato de dos años con el programa de coordinación hospitalaria, atendió las consultas que surgieron durante el período de elaboración de los planos definitivos.

El jueves 2 de mayo de 1957, a las 17 horas, el Dr. Sáenz Herrera hizo entrega a la Junta de Protección Social de San José, de los planos de construcción del Hospital Nacional de Niños y de los libros que contenían las especificaciones respectivas.

### **2.7. Localización del futuro edificio**

Tras el estudio del terreno disponible y conversaciones con representantes de los centros de salud del área, la Junta dispuso la construcción del edificio del nuevo hospital, en terreno esquinero con frente al Paseo Colón a y la calle 20 sur, contiguo al Hospital Siquiátrico Chapuí.

### **2.8. Iniciación de los trabajos de construcción 28-11-59**

El 28 de noviembre de 1959, las empresas constructoras Edica Ltda. y Arguedas, Dobles & Soto, iniciaron los trabajos preliminares de la construcción del hospital.

### **2.9. Entrega de la obra del edificio, noviembre 1962 y costo de la obra**

El 19 de noviembre de 1962 se hizo entrega de esta obra a la Junta de Protección Social de San José, en la persona de su presidente Don Alfredo Echandi Jiménez y, a su vez, el Dr. Carlos Sáenz Herrera, Director del hospital, recibió las llaves del edificio, de manos del Sr. Echandi.

El costo total de la obra fue de  $\phi$ 22.000.000.00, el costo del edificio fue de  $\phi$ 15.500 000.00 y del equipo de  $\phi$ 6.500 000.00. El área construida fue de 16.000 m<sup>2</sup>, y el área actual es de 22.572 m<sup>2</sup>, en donde se incluye parte de las instalaciones del antiguo Hospital Manuel A. Chapuí.



## **2.10. Inauguración, Mayo 1964**

El 24 de mayo de 1964 tuvo lugar la inauguración del hospital, en acto solemne al que asistió el señor Presidente de la República Don Francisco J. Orlich. La bendición estuvo a cargo del señor Arzobispo de San José, Monseñor Dr. Carlos H. Rodríguez. Aproximadamente 10.000 personas visitaron este día las instalaciones y a solicitud del público, una nueva visita general se llevó a cabo el 14 de junio.

## **2.11. Inicio de labores**

La prestación de servicios se inició con base en el programa siguiente:

### **Consulta externa**

Lunes 8 de junio de 1964, primer grupo de 50 niños. Sábado 27 de julio, último día de trabajo en la consulta externa de la sección de pediatría.

### **Hospitalización**

Traslado de los niños internados en las secciones de pediatría del Hospital San Juan de Dios y el Hospital Central de la Caja Costarricense de Seguro Social (actual Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia).

17-08-64 Pre-escolares y escolares niñas (sala "Calderón Muñoz").

19-08-64 Pre-escolares y escolares varones (sala "Llorente").

21-08-64 Post-Lactantes.

25-08-64 Aislamiento.

31-08-64 Lactante mayores (sala "Celina Herrera de Sáenz", fila izquierda).

02-09-64 Lactante menores (sala "Celina Herrera de Sáenz", fila derecha y sala "Lang Chase").

04-09-64 Lactantes (Sala "Daisy Fallas").

08-09-64 Prematuros.

10-09-64 Lactantes y prematuros (Hospital Central).

22-09-64 Aislamiento (Hospital Central).

24-09-64 Servicio de cirugía infantil (Hospital San Juan de Dios salas Facio 1 y 2)

24-09-64 Inicia labores el servicio de emergencias.

28-09-64 Casos quirúrgicos y emergencias (Hospital Central).

15-10-64 Inicia labores la Pensión (pacientes privados).

## **2.12. Hacia un centro de ciencias médicas**

El Hospital Nacional de Niños “Dr. Carlos Sáenz Herrera”, inició sus labores con un nuevo edificio, 400 funcionarios y un presupuesto anual de 9 millones de colones. Al principio no se contaba con especialistas, sólo pediatras generales, pero ahora se cuenta con 30 especialidades. Antes predominaron las enfermedades agudas y la desnutrición, ahora las enfermedades crónicas y malformaciones congénitas.

Hace 35 años la tecnología usada fue de poca complejidad y la mortalidad elevada, ahora la tecnología es sumamente compleja y la mortalidad es baja. El 80% de los medicamentos diagnósticos o terapéuticos que se emplean en la actualidad son nuevos o modificaciones de los anteriores.

Se han atendido 7 millones de consultas externas y 700.000 niños fueron hospitalizados, la mayoría ha salvado su vida, se han practicado 350.000 intervenciones quirúrgicas y recibido 1 millón de emergencias. Igualmente importante ha sido la preparación de prácticamente todos los pediatras y neonatólogos que trabajan en el país y el haber contribuido a la formación de más de 15.000 profesionales que han tomado cursos en el hospital, se han identificado las principales causas de diarrea e infecciones respiratorias en nuestro medio y se definieron tratamientos como la rehidratación oral o la rehidratación intravenosa rápida, el niño agredido y la violencia intrafamiliar fueron relevados por los profesionales en trabajo social, se ha estado trabajado en el diagnóstico prenatal, prevención de retardo mental y manejo multidisciplinario de malformaciones congénitas complejas y trastornos del aprendizaje. Después de la Universidad de Costa Rica, el Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera, es el centro de mayor producción de investigaciones científicas del país.

En la actualidad predominan enfermedades crónicas, cuyos diagnósticos, tratamientos, costo de atención y prevención son mucho más elevados y complejos, esto es, que el paciente de hoy requiere de atención para los complejos problemas que padece, por lo tanto la estructura y organización del hospital, deben adaptarse a los nuevos tiempos y para ello es necesario convertirlo en un centro de ciencias médicas, que se conforma en un conjunto de facilidades para mejorar la calidad de la atención médica en un ambiente académico de seriedad y dedicación, para enfrentar la medicina del próximo siglo.

### **2.13. Construcción del centro de especialidades médicas**

En la actualidad, la consulta externa atiende un promedio de 1000 pacientes por día, de los cuales 350 son valorados en el servicio de urgencias y los restantes se distribuyen en 35 especialidades de acuerdo con un programa que permite citar a los pacientes previamente.

La construcción del edificio de especialidades médicas se inició en octubre de 1998, a cargo de la compañía Van Der Laat y Jiménez S.A., con un área de 13.100 m<sup>2</sup> de construcción y un costo de 1.800 millones, financiados por la Caja Costarricense de Seguro Social, la fundación pro Hospital Nacional de Niños, Dr. Carlos Sáenz Herrera y el proyecto Teletón.

Toda la población infantil del país, se beneficia con el Centro de especialidades médicas. Aquí, se concentra una parte importante de las consultas de especialidades que el hospital ofrece, introduciendo mejoras en la relación médico familia y en el manejo ambulatorio de patologías crónicas que en la actualidad requieren de hospitalizaciones prolongadas.

Este nuevo concepto de atención, estimulará el hecho de que cada paciente tenga su médico y disminuirá la problemática familiar que generan las hospitalizaciones frecuentes en la creciente población con problemas crónicos, que en la actualidad representan el 60% de los pacientes de la consulta externa y el 85% en el área de hospitalización.

#### **2.14. Misión**

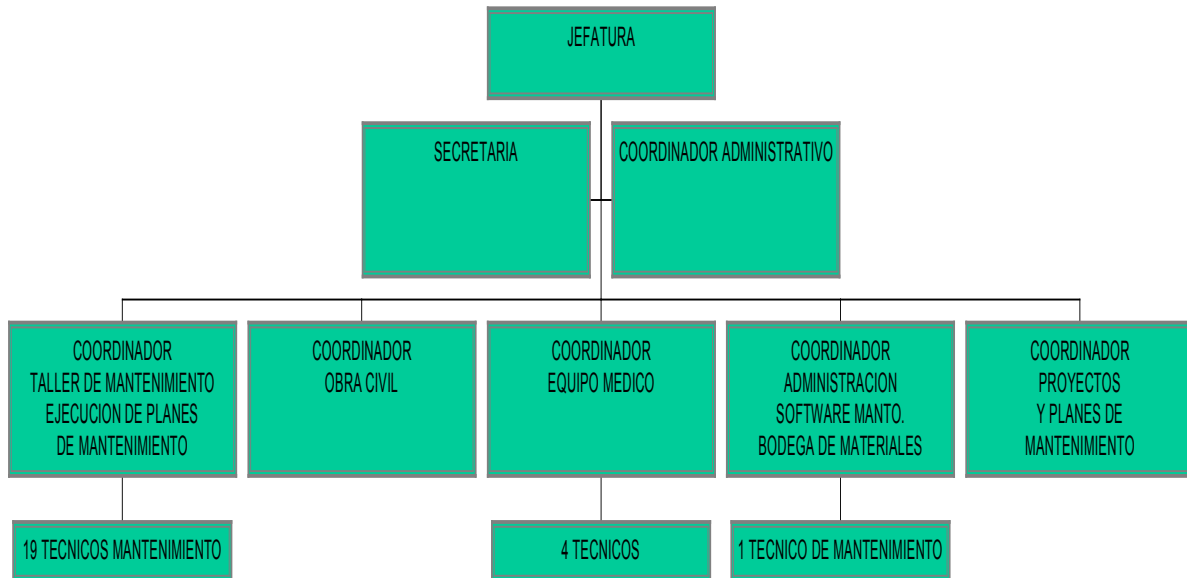
Contribuir a mejorar la salud de la población infantil del país brindando una atención especializada y de emergencias, mediante servicios integrales de calidad, con eficacia, eficiencia, equidad y oportunidad.

#### **2.15. Visión**

Ser un centro de ciencias médicas para la atención de las patologías de la más alta complejidad, capaz de mejorar la salud infantil de Costa Rica, y de contribuir a la formación pediátrica nacional e internacional por medio de docencia e investigación.

## 2.16. Organigrama

### SERVICIO INGENIERIA Y MANTENIMIENTO



## **Capítulo 3. Proyecto de administración del mantenimiento industrial.**

### **3.1. Introducción y definición del mantenimiento preventivo (MP)**

**Concepto:** el MP es un tipo de mantenimiento basado en la ejecución de inspecciones periódicas a los equipos e instalaciones en forma planificada, programada y controlada, con el objetivo de detectar desgastes, eliminación de defectos, realizar ajustes, conservar el equipo, buscando evitar las fallas y la corrección correspondiente.

El MP es parte fundamental de los sistemas modernos de administración de mantenimiento y hoy día se caracteriza por ser parte de la planificación estratégica de la organización.<sup>1</sup>

### **3.2. Objetivos del mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo tiene como objetivos:

- a. Conservar en las mejores condiciones las instalaciones, los equipos, la maquinaria y cualquier otro elemento que esté sometido al mantenimiento preventivo.
- b. Minimizar los paros por falla de los equipos durante la producción.
- c. Lograr que los activos aumenten su vida útil.
- d. Lograr que las máquinas funcionen eficientemente garantizando condiciones seguras de operación.
- e. Reducir los costos por mantenimiento correctivo (MC).

---

<sup>1</sup> Tabares, Lourival. Administración moderna del mantenimiento. Brasil: Novo Polo, 1999.

### **3.3. Ventajas del mantenimiento preventivo**

- a. Se realizan los trabajos y las reparaciones sin presión, lo que conlleva a una mejor calidad al concluirlos.
- b. Se disminuye el tiempo de reparaciones por averías, lo que conlleva a aprovechar mejor el recurso humano en ampliaciones o mejoras.
- c. Disminuye los riesgos laborales de los operarios al trabajar en condiciones más seguras.
- d. Menor pérdida de producto terminado, debido al mejor funcionamiento del equipo.



### **3.4. Justificación del proyecto**

El proyecto administrativo se lleva a cabo debido a que el Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños, está por desarrollar e implementar un plan de mantenimiento preventivo en el hospital, y debido a esto, el servicio sabe de la existencia de los equipos con que cuenta el hospital, pero no se sabe a ciencia cierta la cantidad, la ubicación y las características técnicas de los equipos.

Por eso uno de los pasos a desarrollar dentro del plan de mantenimiento es contar con el inventario y manuales de mantenimiento preventivo respectivo a los equipos industriales con que cuenta el hospital, específicamente acondicionados de todo tipo, compresores de aire, bombas de vacío, bombas centrífugas y secadores de aire, esto con el fin de monitorear y controlar su estado, desempeño y funcionamiento del equipo.

Por esta razón, se planteó, la realización del inventario y el manual de mantenimiento preventivo para el equipo instalado en el hospital, cuya responsabilidad de funcionamiento le compete al Servicio de Ingeniería y Mantenimiento.

Para lograr los objetivos planteados se utilizó el formulario que establece la Dirección y Conservación de Mantenimiento de la C.C.S.S.<sup>2</sup>

Por otra parte resulta de interés institucional desarrollar y aplicar criterios que permitan determinar el grado de importancia que se debe asignar a los equipos médicos, industriales y de producción.

---

<sup>2</sup> Ver anexos, al final del informe.

Se utiliza una metodología para recopilar datos de equipos médicos, industriales y de producción, como medio para evaluar; y un algoritmo para clasificar cada uno de los equipos; aplicando para ello criterios de riesgo, afectación, utilización, frecuencia y tiempo.

La información obtenida permite efectuar una mejor distribución de los recursos físicos, materiales, humanos y financieros, asignados a mantenimiento e identificar oportunidades de mejora en la gestión del mantenimiento de los equipos. Esto a su vez sirve de apoyo y sustento para la formulación de programas y planes de mantenimiento.

Según estudios realizados en países desarrollados, el 50% de todos los equipos médicos están inutilizables o sólo se pueden utilizar en parte, esto debido a la ausencia de modalidades adecuadas de mantenimiento, provocando el descuido de los equipos, y aumentando el riesgo de causar daño a los pacientes y al personal que los opera.

El uso de herramientas, como la aquí descrita, permite conocer mejor el universo de trabajo de los servicios de Ingeniería y Mantenimiento y por tanto aplicar de manera oportuna modalidades de mantenimiento según las prioridades.

### **3.5. Metodología**

- a. Estudiar el formulario que se va a utilizar, para realizar el inventario.<sup>3</sup>
- b. Estudiar los criterios que se deben de tomar en cuenta, para llenar adecuadamente el formulario.
- c. Familiarizarse con la ubicación y funcionamiento de los equipos que están instalados en todos los edificios del hospital, y a la vez realizar un diagnóstico de los equipos con el técnico encargado de verificar su funcionamiento y desempeño.
- d. Realizar el inventario del equipo de los aires acondicionados y del equipo de gases médicos, ubicados en los tres edificios (Hospitalización, Especialidades Médicas y Tamizaje).
- e. Digitar toda la información técnica correspondiente a cada equipo, en Microsoft Excel, esto con el fin de enlazar el programa de mantenimiento que se pretende adquirir posteriormente.
- f. Evaluar los manuales de inspecciones, así como los manuales del fabricante, facilitados por el asesor industrial y aplicarlos a los equipos que se van incluir en el inventario.
- g. Establecer la frecuencia con que se realizarán las inspecciones a los equipos seleccionados.

---

<sup>3</sup> Fórmula de Evaluación y Clasificación Técnica de los equipos, Dirección de conservación y mantenimiento. Código: C.C.S.S.\_DCM\_FOR-001.

- h. Elaborar los manuales de procedimientos de inspecciones, para el mantenimiento de los equipos.
- i. Elaborar las hojas de inspecciones de los equipos.
- j. Presentar el inventario y el manual de mantenimiento preventivo ante el asesor industrial del servicio de ingeniería y mantenimiento, para su revisión y aprobación.

### **3.6. Objetivos que se pretenden alcanzar con la utilización del formulario.<sup>4</sup>**

#### **3.6.1. Objetivo general**

- a. Normalizar la metodología de evaluación y clasificación de equipos a nivel institucional, mediante la recolección de datos y criterios estándar que permitan sustentar y apoyar la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento del equipo hospitalario.

#### **3.6.2. Objetivos específicos**

- a. Evaluar técnicamente los equipos médicos e industriales de los establecimientos de la CCSS.
- b. Clasificar los equipos instalados en las unidades de la C.C.S.S., aplicando para ello criterios técnicos de riesgo de daño, afectación de la atención brindada al paciente, grado de utilización del equipo, frecuencia de fallos, tiempo de respuesta del mantenimiento.
- c. Recopilar la información técnica de forma ordenada y sencilla.
- d. Mantener actualizado el inventario de los equipos de cada unidad ejecutora y a nivel institucional.
- e. Generar datos de equipos instalados que permitan a la institución tomar decisiones respecto a la reposición de éstos sobre la base de información actualizada.
- f. Servir de base para la elaboración de programas de mantenimiento.

---

<sup>4</sup> Dirección de conservación y mantenimiento de la C.C.S.S.

- g. Identificar la necesidad de capacitación para los operadores de equipos y técnicos de mantenimiento.
- h. Identificar la necesidad de recursos financieros para el mantenimiento de equipos.
- i. Determinar y justificar la carencia de personal técnico para brindar mantenimiento a los equipos.
- j. Llevar un control global del equipamiento institucional.

### **3.7. Contenido de la fórmula**

La “ Fórmula de Evaluación y Clasificación Técnica de Equipos” se estructura en una serie de apartados y un encabezado que se describen a continuación:

#### **3.7.1. Encabezado**

- a. **Nº Consecutivo:** En este espacio el responsable del proceso de “Evaluación y Clasificación de Equipos” y/o administrador de los formularios de cada establecimiento asigna un número secuencial a cada formulario que se utilizará en el levantamiento de información, esto con el propósito de llevar el control sobre la cantidad de formularios y por tanto de equipos dentro del establecimiento.

Ejemplo: 001, 002 ....999.

- b. Nombre del Centro:** Se anota el nombre oficial del establecimiento a nivel de la Caja del Seguro Social o sea tipo de establecimiento de salud (hospital, clínica, área de Salud o Ebais) más su respectivo nombre oficial. Ejemplo: Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia, EBAIS de Cañas.
  
- c. Fecha:** Se anota el día, mes y año del momento en que se registran los datos en la “Fórmula de Evaluación y Clasificación de Equipos.” Ejemplo: 25/08/04.
  
- d. Unidad Ejecutora:** Se refiere a la codificación de la unidad de programación que se le asigna a los establecimientos de la C.C.S.S. Ejemplo: UP-3107.

### **3.7.2. Localización**

Este apartado identifica el lugar exacto donde está ubicado el equipo, para esto se utilizan las siguientes variables:

- a. Edificio:** Se anota el nombre, número o código del edificio donde está ubicado el equipo a evaluar. Ejemplo: Edificio Medicina Nuclear, Consulta Externa, Edificio 01, etc.
  
- b. Piso:** Se anota el nivel, dentro del edificio mencionado en el punto anterior, en el cual se ubica el equipo. Ejemplo: 1, 2, etc.

- c. Servicio:** Se anota el nombre del Servicio Médico, Servicio Técnico o Administrativo, dentro del edificio y piso citados en el punto anterior, en el cual está ubicado el equipo dentro del establecimiento. Ejemplo: Emergencias, Consulta Externa, Casa de Máquinas, Pediatría, entre otros.
- d. Área Funcional:** Se registra el nombre del área donde se ubica físicamente el equipo, dentro del “Servicio” mencionado en el punto anterior. Ejemplo: Inyectables, pasillo, casa de habitación, ambulancias, ginecología, entre otros.
- e. Identificación de puerta:** Se escribe el código de identificación de la puerta o acceso de entrada del espacio donde está ubicado el equipo. Este espacio se dejará en blanco cuando no exista número de identificación de puerta. En caso de que el equipo se encuentre en tránsito, en calidad de préstamo o en un pasillo al momento de realizar la evaluación se deben especificar los datos de la unidad a quien pertenece el equipo. Para mayor comprensión del sistema de localización se presenta el siguiente ejemplo:

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| Edificio:       | Central          |
| Piso:           | 2                |
| Servicio:       | Consulta Externa |
| Área Funcional: | Ginecología      |
| ID Puerta:      | Consultorio No.1 |



### 3.7.3. Apartado 1

Este apartado del formulario agrupa información general que identifica al equipo.

#### 3.7.3.1. Identificación del equipo

- a. **Nombre:** Se anota el nombre propio del equipo, no se deben utilizar las marcas ni otras denominaciones que no correspondan al nombre propio de éste.
  
- b. **Número de Placa:** Es el número que en la institución identifica, a cada activo y que es asignado por el Departamento de Bienes y Muebles u Oficina de Activos de la CCSS.
  
- c. **Marca:** Nombre comercial que se le asigna a una línea específica de productos de una casa fabricante.
  
- d. **Modelo:** Es un conjunto de caracteres alfanuméricos que el fabricante asigna al equipo y lo diferencia de otros de una misma marca o de un mismo fabricante (Ej. Mod: M1410). Éste se anota tal y como se indica con todos sus caracteres, generalmente se encuentra en la parte posterior del equipo.
  
- e. **Serie:** Es un conjunto de caracteres alfanuméricos asignados por el fabricante, que identifica un lote de equipos de un mismo modelo y que generalmente se encuentra en la parte de atrás del equipo.

### 3.7.3.2. Grupo de equipo

Define la familia en la que se asocia el equipo de acuerdo con sus características y funciones, tomando en cuenta la siguiente clasificación:

- a. **Cómputo:** Se marca esta opción cuando el equipo evaluado se utiliza para labores de apoyo administrativo y que cumple funciones propias de un equipo de escritorio. Para el caso de equipo de cómputo, complemento directo de un equipo médico, se registra como “equipo médico”.
  
- b. **Industrial:** Se marca esta opción cuando el equipo analizado apoya el funcionamiento de la parte de estancia del establecimiento de salud. No se incluyen dentro de esta categoría equipos de uso administrativo.
  
- c. **Médico:** Se incluye dentro de esta categoría aquel aparato que está directamente relacionado con la labor de diagnóstico y tratamiento de una patología, incluyendo dentro de ésta todo aquel equipo de cómputo que es complemento directo de un equipo médico.
  
- d. **Oficina:** Se escoge esta opción cuando el equipo analizado sirve de apoyo directo en el desarrollo de las funciones administrativas, ejemplo: máquinas de escribir, fax, sumadoras, teléfonos, fotocopadoras, entre otros.

### 3.7.3.3. Nivel tecnológico

Establece el grado de avance que se tiene en la última técnica aplicada que permite el aprovechamiento práctico del conocimiento científico. Puede clasificarse de la siguiente manera:

- a. **De punta:** Se incluye dentro de esta categoría el equipo que tecnológicamente incorpora las últimas técnicas disponibles en el mercado, para obtener diagnósticos, brindar tratamientos o el suministro de servicios (agua, luz, vapor, calor, gases entre otros).
  
- b. **Usual:** Se escoge esta opción cuando la tecnología del equipo analizado es utilizada masivamente con técnicas estándar o tradicionales para obtener diagnósticos, brindar tratamientos o el suministro de servicios (agua, luz, vapor, calor, gases entre otros).
  
- c. **Obsoleta:** Se marca esta opción cuando la tecnología del equipo analizado utiliza técnicas que han sido superadas para obtener diagnósticos, brindar tratamientos o el suministro de servicios (agua, luz, vapor, calor, gases entre otros).

### 3.7.3.4. Dimensiones

Se anota en el espacio correspondiente al largo, ancho y altura del equipo evaluado en metros.

### 3.7.4. Apartado 2: Datos generales del equipo

En esta Sección se registran datos relacionados con la forma de adquisición del equipo, documentación, algunas fechas y costos considerados como relevantes, entre otros.

#### 3.7.4.1. Forma de adquisición

Se marca con una “X” el medio por el cual fue adquirido el equipo en la unidad, éste puede ser:

- a. **Alquiler:** Se marca esta opción cuando el equipo evaluado está en uso por un tiempo determinado, mediante el pago de una cantidad convenida con un proveedor y bajo condiciones definidas previamente por las partes involucradas.
- b. **Compra:** Se escoge esta opción cuando el equipo analizado es propiedad del establecimiento producto de un proceso de contratación realizada por la Institución o el establecimiento directamente, para obtener el equipo mediante el pago de una suma de dinero producto del presupuesto operativo de la Caja. Se excluyen aquellos equipos que fueron adquiridos por medio de préstamos.
- c. **Donación:** Se señala esta opción cuando el equipo evaluado es propiedad de la unidad producto de una transferencia de bienes de propiedad de una persona física o jurídica al establecimiento o institución, sin que mediara remuneración alguna.

- d. Préstamo:** Se marca esta opción cuando la adquisición del equipo evaluado es producto de un cede de derecho de uso temporal por parte de una entidad interna o externa al establecimiento, sin que éste sea propiedad del último.
  
- e. Proyecto:** Se escoge esta opción cuando la adquisición del equipo analizado fue producto de un proyecto de financiamiento externo, por ejemplo: BCIE, BID, UNICEF, entre otros. Se debe anotar el nombre del proyecto.
  
- f. Traspaso:** El equipo analizado se incluye dentro de esta clasificación cuando su adquisición fue producto de la transferencia del derecho (físico - administrativo) de uso del equipo de forma permanente por parte de otra entidad.

#### **3.7.4.2.Documentación técnica**

Son todos aquellos documentos técnicos necesarios para la operación y mantenimiento de los equipos, se podrá escoger una o más de las siguientes opciones, según corresponda:

- a. Bitácora:** Cuando el equipo evaluado cuenta con un documento técnico administrativo, en el cual se registran las diversas actividades relacionadas con la gestión y mantenimiento de éste.
  
- b. Manual de Instalación:** Si el equipo cuenta con el documento técnico suministrado por el fabricante donde se especifican los requisitos, recomendaciones y cuidados a considerar para su montaje.

- c. **Manual de Servicio Técnico:** Cuando el equipo tiene disponible un documento que contiene información técnica del equipo evaluado, relacionada con los procedimientos propios de mantenimiento, denominados de operación, servicio y partes.
- d. **Manual de Operación:** Se marca esta opción cuando el equipo cuenta con un documento en el cual se especifican los procedimientos de utilización del equipo que debe ejecutar el operador de éste.
- e. **Manual de Partes:** Se indica cuando el equipo cuenta con un documento que identifica y ubica en forma numerada y codificada, cada uno de los componentes que integran el equipo.

#### **3.7.4.3. Fechas relevantes**

Este apartado incluye algunas fechas importantes para el control del mantenimiento de los equipos, tales como:

- a. **Fecha de adquisición del equipo:** Se indica el día, mes y año del momento en que el equipo fue adquirido por la Institución o Unidad Ejecutora. (dd/mm/aa). Este dato puede ser tomado de la base de datos de Control de Activos ya sea Institucional o interno de la Unidad.
- b. **Fecha de fabricación:** Se indica el día, mes y año que señala el fabricante como fecha de manufacturación del equipo (dd/mm/aa). En caso de no contar con esta información el espacio se dejará en blanco.

- c. Fecha de instalación:** Indica el día, mes y año del momento en que el equipo se pone en marcha por primera vez dentro del establecimiento. En caso de no contar con toda la información completa se podrá anotar el mes y el año, o solamente los años. En caso de que no se cuente con ningún dato se dejará en blanco.
- d. Vida útil dada por el fabricante:** Se indica el tiempo en años, dado por el fabricante o proveedor del equipo, durante el cual puede ser útil o funcionar sin inconvenientes el equipo antes de su deterioro, siempre y cuando se haga un buen uso de éste y se aplique el mantenimiento recomendado por los proveedores. Este dato puede ser extraído de los manuales del equipo o de la base de datos de la Sección de Bienes Muebles Institucional.

#### **3.7.4.4. Vida útil física restante (en años)**

Se elige un rango de tiempo de los señalados en el formulario, los cuales indican el período aproximado de utilización que le resta al equipo antes de ser dado de baja.

Este periodo de tiempo se estima mediante el criterio técnico - administrativo dado por, el jefe o responsable de mantenimiento, en consenso con el Administrador y/o Director, según corresponda y el Jefe de servicio u operador del equipo.

Este criterio técnico-administrativo debe tomar en cuenta algunos factores tales como: tipo de mantenimiento que se le brinda al equipo, disponibilidad de repuestos en el mercado, obsolescencia tecnológica, uso y factores ambientales en que se desarrolle su funcionamiento tales como: Humedad, temperatura, salinidad, entre otros.

Para efectos de esta evaluación se toman en cuenta los siguientes rangos posibles:

- 0 ≤ 2: Menor o igual a 2 años
- 2 < x ≤ 5: Mayor que 2 o menor o igual a 5 años
- 5 < x ≤ 10: Mayor que 5 y menor o igual a 10 años
- X > 10 : Mayor a 10 años.

#### **3.7.4.5. Costos relevantes**

Se agrupan en este apartado y bajo las circunstancias actuales, aquellos costos necesarios para formular indicadores que permitan tomar una decisión respecto a la reposición de un equipo basado en los costos totales de mantenimiento local o contratado en comparación con los costos de operación y reposición de un equipo.

- a. Costo de adquisición:** Se indica el monto total pagado (en colones) por la adquisición del equipo. Se incluyen dentro de este monto los gastos por importación y fletes. Caso de no contar con estos últimos datos se indica el valor registrado en la base de datos del sistema de control de bienes muebles.
- b. Costo de reposición:** Se anota el monto (en colones) que eventualmente debe invertir el establecimiento en caso de tener que reemplazar el equipo evaluado, para lo cual debe considerarse el valor actual de mercado de un equipo igual o similar a éste.



- c. Costo del mantenimiento local anual:** En este espacio se indica el monto total de dinero que desembolsa anualmente el establecimiento para el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo por concepto de mano de obra propia o mano de obra contratada esporádicamente para mantenimiento correctivo por medio de caja chica o compra directa, así como materiales y repuestos utilizados. Este dato puede ser un promedio anual obtenido de los registros de la Fórmula “Control Conservación y Mantenimiento” o de los registros internos del Servicio de Mantenimiento.”
- d. Costo del mantenimiento contratado anual:** Se indica el monto total que desembolsa anualmente el establecimiento para el pago de servicios de mantenimiento correctivo y preventivo a terceros bajo la modalidad de contrato formal.
- e. Tipo de cambio:** Se registra el valor del dólar en colones cuando se adquirió el equipo. Caso de no contar con el dato se dejará el espacio en blanco.

### **3.7.5. Apartado 3: Características técnicas**

En este apartado se registra un conjunto de datos técnicos que diferencian a los equipos entre sí, para efectos de evaluación se tomarán los siguientes:

#### **3.7.5.1. Tipo fuente de alimentación**

Se marca con una “X” en las casillas correspondientes que indiquen el o los tipos de suministros de energía necesarios para que funcione el equipo analizado tales como: agua, electricidad, aire, vapor, gases, para el caso de combustibles se debe anotar el tipo de combustible utilizado. Ej. gasolina, búnker.

En caso de que el tipo de alimentación no se encuentre dentro de las casillas, se utilizará el espacio de “otro” especificando el tipo de alimentación al que se refiere.

#### **3.7.5.2. Tipo de tecnología**

Este apartado indica el grupo genérico de técnicas aplicadas para el funcionamiento de un equipo. Se marca con una “X” una o más entre las siguientes: eléctrica, electrónica, electromecánica, neumática, óptica.

En caso de que la opción no se encuentre entre las anteriores, se utiliza el campo de “otra” y se anota la misma.

### **3.7.5.3. Sistemas de seguridad**

Se marcan con una “X” aquellos mecanismos de protección que posee el equipo en caso de fallas, desajuste en los parámetros y/o ante alguna situación anormal que se presente. Se puede elegir entre los siguientes: auto calibración, desactivación, válvulas, ninguno u otro, para este último se deberá indicar su nombre en el espacio adjunto.

### **3.7.5.4. Tipo de alarma**

Se marca con una “X” el o los indicadores complementarios del sistema de seguridad que dan aviso cuando el equipo está operando de forma irregular. Puede elegirse entre alarma sonora o visual. Para el caso de otro tipo se anota el nombre en el espacio adjunto a la casilla de “otra”.

### **3.7.5.5. Desecho generado**

Se marcan con “X” uno o varios de los residuos que se presentan y que se generan a partir de los insumos que requiere el equipo para funcionar, éstos pueden ser: agujas, bolsas para suero, catéter, filtros, jeringas, gases, humo, líquidos, placas de rayos equis, sensores, vapor, o ninguno cuando no se produzcan desechos. En el caso de que exista otro tipo de desecho que no se encuentre entre los indicados, se anota en el espacio de “otro”.

### **3.7.5.6. Características del desecho**

Se marcan con “X” todas aquellas propiedades físicas, químicas y/o biológicas que poseen los desechos mencionados en el punto anterior, que se generan con la operación del equipo y que pueden ser peligrosos para el ser humano y/o el medio ambiente. Éstos pueden clasificarse como: Infeccioso, Explosivo, Inflamable, Punzo cortante, Radioactivo, Tóxico, Volátil u “Otro” para lo cual se indica la característica de éste en el espacio adjunto.

### **3.7.5.7. Manejo y tratamiento del desecho**

Se marca con una “X” en las casillas correspondientes a la forma en que se procesa el o los desechos generados por el uso del equipo, mencionados en el apartado “Desecho generado”.

Estas formas de manejo y tratamiento pueden clasificarse como: Basura cuando se cataloga como tal o no se le da ningún tipo de tratamiento, Esterilizado, Filtrado, Incinerado, Intercambio, Sepultado, Químico, Quemado, Vendido. En caso de que se le dé otro tipo de tratamiento no incluido dentro de los mencionados, se llenará la casilla de “Otro”.

### 3.7.6. Apartado 4: Estado del equipo

Esta sección brinda información del estado del equipo desde dos ámbitos diferentes: estado físico y estado de operación, cada uno de ellos divididos en tres variables. Para cada uno de estos estados se deberá escoger una variable.

Ejemplo:

Estado: bueno

Operación: irregular.

#### 3.7.6.1.Físico

Se refiere al deterioro en la estructura que afecta la apariencia del equipo, como por ejemplo: problemas de pintura, golpes, oxidación, corrosión, cables sin aislante entre otros. Éste se califica como uno de los siguientes estados:

- a. **Bueno:** Cuando el equipo mantiene sus características físicas y/o estructurales en condiciones similares a cuando fue adquirido.
- b. **Regular:** Cuando el equipo presenta una o varias de sus características físicas y/o estructurales deterioradas y éstas afectan de manera significativa la apariencia del equipo.
- c. **Malo:** Cuando el equipo presenta deterioro en la mayor parte de sus características físicas y/o estructurales.

### 3.7.6.2. Operación

Se relaciona con el estado de funcionamiento del equipo. Éste puede ser:

- a. **Normal:** Cuando el funcionamiento del equipo se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el fabricante.
- b. **Irregular:** Cuando el funcionamiento del equipo es deficiente o parcial por causa de una o varias fallas u otra causa de las indicadas en el apartado “Causas de irregularidad o inactividad en operación”.
- c. **Inactivo:** Cuando el equipo se encuentra fuera de funcionamiento por un daño o por alguna de las causas que se detallan en el siguiente apartado.

### 3.7.6.3. Causas de irregularidad o inactividad en operación

Cuando el estado de operación del equipo se determina como “Irregular o Inactivo” se deberá marcar con una “X” una o varias de las causas que a continuación se describen:

- a. **Alimentación deficiente:** Cuando la fuente de alimentación directa del equipo falla o disminuye su capacidad de suministro, afecta su operación o lo inhabilita por completo.
- b. **Avería:** Se marca con una “X” cuando el equipo sufre de un deterioro o ruptura de algún componente que afecta el buen funcionamiento de éste y puede clasificarse como eléctrica, electrónica, electromecánica, neumática, óptica u otros.

- c. Dado de baja / Desechado:** Cuando existe una decisión del Nivel Central o Local, basada en un análisis técnico de las condiciones físicas y de operación, que determina que el equipo no puede seguir en funcionamiento.
- d. Equipo no instalado:** Se marca con “X” cuando el equipo está fuera de operación ya sea porque no está ubicado en el espacio físico asignado, no cuenta con las instalaciones eléctricas o mecánicas necesarias para su funcionamiento. Ejemplo un equipo nuevo que se encuentra en bodega, se encuentra inactivo porque no está instalado.
- e. Equipo no utilizado:** Situación que se presenta cuando el equipo aún cumpliendo con todas las condiciones de operación, no se usa por diversos motivos. Para que un equipo cumpla con esta condición, debe estar instalado adecuadamente.
- f. Falta de consumibles:** Se escogerá esta opción cuando un equipo está funcionando irregularmente o inactivo por carencia de elementos que se consumen con el uso (no son combustibles ni repuestos). Ejemplo: electrodos, fusibles, tinta, papel, sensores y otros.
- g. Falta de operador:** Se escoge esta opción cuando un equipo cumple todas las condiciones de operación e instalación pero se encuentra inactivo porque no hay recurso humano para operarlo.
- h. Fuera de vida útil:** Se estableció este espacio para todo aquel equipo que cumple con la fecha de vencimiento de la vida útil establecida por el fabricante y que aún sigue en operación.

- i. **Obsolescencia:** Se marca esta opción cuando un equipo presenta problemas de funcionamiento y los representantes en el país, no cuentan con el stock de repuestos para repararlo.
  
- j. **Sistema de seguridad:** Se escoge esta opción porque el mecanismo que permite prevenir la posibilidad de ocurrencia de un accidente y/o minimizar los efectos durante éste se encuentra con averías o del todo no funcionan.
  
- k. **Sobredimensionado:** Esta opción se aplica cuando el equipo evaluado posee dimensiones que sobrepasan el espacio físico disponible, lo que impide su operación normal y/o sus funciones de diagnóstico y tratamiento son subutilizadas de acuerdo con el nivel de atención en el cual se ubicó.
  
- l. **Subdimensionado:** Se marca esta opción cuando las funciones de diagnóstico y tratamiento del equipo son inferiores en relación con los requerimientos del nivel de atención en el cual se ubicó.



#### 3.7.6.4. Tipo de avería

Este apartado define el tipo de daño o daños que impiden el funcionamiento de un equipo, pueden marcarse varias opciones. Estas averías se clasifican en:

- a. **Eléctrica:** Se marca con una “X” cuando el equipo presenta una falla causada por el daño de uno o varios componentes eléctricos tales como (conexiones, terminales, aislantes) entre otros.
- b. **Electrónica:** Se da cuando el equipo presenta una falla causada por el daño de uno o varios componentes electrónicos tales como (transistores, chip, diodos, tarjetas electrónicas, resistencias, potenciómetros) entre otros.
- c. **Electromecánica:** Se elige esta opción cuando en el equipo se presenta una falla causada por el daño de uno o varios componentes electromecánicos tales como (válvulas solenoides, trampas, válvulas multiplazo, check’s) entre otros.
- d. **Neumática:** Se da cuando el equipo presenta una falla causada por el daño de uno o varios componentes del sistema neumático tales como (válvulas, tuberías mangueras, pistones, reguladoras, check’s) entre otros.
- e. **Óptica:** Se marca con “X” cuando el equipo presenta una falla causada por el daño de uno o varios componentes ópticos por ejemplo (lentes cóncavos, lentes convexos, filtros, prismas, lentes de aumento, lentes de desvío de luz) entre otros.

- f. **Otra:** Esta opción se elige cuando el daño presentado por el equipo no se encuentra dentro de las opciones disponibles, para lo cual debe anotarse la clasificación propuesta.

#### **3.7.6.5. Avería reparable**

En este apartado se marca con “X” la casilla de “sí” cuando el establecimiento o la institución cuenta con los recursos necesarios para reparar el daño señalado en “Tipo de Avería” en el corto plazo. Caso contrario se marca “No” señalando las causas que impiden su reparación y que se describen a continuación:

#### **3.7.6.6. Causas de la no reparación**

Define las razones por las cuales el equipo al momento de la evaluación y a nivel del establecimiento, no se puede reparar por alguna de las siguientes causas:

- a. **Ausencia de repuestos:** Se marca dicha opción cuando no se cuenta con los repuestos necesarios para la reparación del equipo evaluado.
- b. **Costos de la reparación:** Se marca esta opción cuando el costo de la reparación del equipo evaluado es muy elevado en comparación con el valor del equipo.
- c. **Carencia de documentación técnica:** Se elige esta opción cuando por la carencia de documentación técnica como diagramas, planos, manual de partes, entre otra, no es posible llevar a cabo la reparación del equipo evaluado.

- d. Carencia de mano de obra especializada:** Cuando el establecimiento no cuenta con personal técnico o profesional para su reparación.
- e. Falta de capacitación:** Se marca con “X” cuando existe el personal disponible pero por falta de conocimiento y/o capacitación no es posible la reparación del equipo.
- f. Falta de presupuesto:** Se marca esta opción cuando por razones presupuestarias a lo interno del establecimiento se hace difícil la reparación del equipo evaluado.
- g. Otra:** Esta opción se elige cuando la causa de la “no-reparación del equipo” no se encuentra dentro de las opciones disponibles, para lo cual debe anotarse la clasificación propuesta.

#### **3.7.6.7.Monto de la reparación**

Se refiere a una estimación del monto a pagar para corregir el daño que impide el funcionamiento normal del equipo, incluyendo el costo por repuestos, materiales y mano de obra (en caso de requerir mano de obra externa), éste debe ser expresado en colones.

### 3.7.7. Apartado 5: Ejecución del mantenimiento

En este apartado se registran algunas variables importantes para determinar cómo se administra la ejecución del mantenimiento.

#### 3.7.7.1. Tipo de mantenimiento aplicado

Define la clase de mantenimiento que se utiliza para garantizar la continuidad en la operación del equipo. En este caso se mencionan las dos modalidades más comunes utilizadas a nivel institucional.

- a. **Correctivo:** Servicios de reparación que se ejecutan para que un equipo vuelva a trabajar después de un paro por falla.
- b. **Preventivo:** Actividades planeadas de inspección, lubricación, control, conservación, restauración, ajustes y/o cambio de piezas, en función de un programa preestablecido a partir de la experiencia operativa o recomendaciones de los fabricantes.
- c. **Ninguno:** Cuando el equipo no cuenta con ningún tipo de mantenimiento.
- d. **Otro:** Se escoge esta opción cuando el equipo evaluado recibe algún otro tipo de mantenimiento que no se encuentra dentro de los descritos, como predictivo y proactivo, entre otros.

### **3.7.7.2. Responsable de la ejecución**

En este apartado se identifica el responsable de llevar a cabo las tareas de mantenimiento del equipo evaluado, para lo cual se presentan las siguientes opciones:

- a. Nivel Local:** Cuando el recurso humano propio del establecimiento ejecuta las actividades de mantenimiento del equipo, sea éste correctivo, preventivo u otro.
  
- b. Nivel Central:** Cuando el recurso humano que ejecuta el mantenimiento es aportado por los talleres de la Dirección de Conservación y Mantenimiento de Oficinas Centrales de la CCSS.
  
- c. Unidad Regional:** Cuando el recurso humano que ejecuta el mantenimiento es aportado por la Unidad Regional correspondiente.
  
- d. Terceros:** Cuando el recurso humano que ejecuta el mantenimiento del equipo es externo a la Caja Costarricense de Seguro Social.

### 3.7.7.3. Tipo de contrato de mantenimiento

Este apartado permite identificar la modalidad de contrato de mantenimiento bajo el cual está cubierto el equipo. Este puede ser:

- a. **Garantía:** Se marca esta opción cuando la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo está a cargo del proveedor del equipo por un tiempo determinado. El establecimiento supervisa.
- b. **Central:** El Nivel Central y una empresa externa formalizan un contrato con el cual se establece la compra de servicios de mantenimiento para un equipo.
- c. **Nivel Local:** El Nivel Local y una empresa externa formalizan un contrato con el cual se establece la compra de servicios de mantenimiento para un equipo. No se incluyen dentro de este contexto aquellas compras directas para mantenimiento correctivo o preventivo.
- d. **Fecha de vencimiento de garantía:** Se anota la fecha que vence la garantía dada por la empresa proveedora del equipo.
- e. **Fecha vencimiento contrato:** Se anota la fecha de finalización del periodo establecido en el contrato para la compra del servicio de mantenimiento.

### **3.7.8. Apartado 6: Recurso humano**

En este apartado se registra el perfil del personal que da mantenimiento y opera el equipo, así como, si éste ha recibido capacitación para llevar a cabo su función.

#### **3.7.8.1. Personal de mantenimiento que atiende el equipo**

Se marca con una "X" el perfil que corresponda al personal que efectúa las labores de mantenimiento, éste puede ser: profesional, técnico, supervisor, ninguno (en caso de no existir) u otro que no esté contemplado en los anteriores. Podrá marcarse más de una opción.

#### **3.7.8.2. Capacitación para ejecutar el mantenimiento**

Se indica con una "X" en la casilla "sí" cuando el personal de mantenimiento que atiende el equipo haya recibido capacitación o adiestramiento formal para ejecutar su labor de mantenimiento, en caso contrario se marca "no".

#### **3.7.8.3. Personal que opera el equipo**

Se marca con una "X" el perfil del personal que opera el equipo, éste puede ser médico, enfermera, técnico en ciencias médicas, técnico en mantenimiento u otro.

#### **3.7.8.4. Capacitación para operar el equipo**

Se marca con una “X” en la casilla “sí” cuando el personal que opera el equipo haya recibido capacitación o adiestramiento formal para ejecutar su labor de mantenimiento. Este espacio debe llenarse directamente con el operador del equipo.

#### **3.7.9. Apartado 7: Clasificación de equipos**

El funcionamiento de los equipos de manera segura, oportuna y de calidad es una de las preocupaciones de la Caja Costarricense de Seguro Social, es por ello que el desarrollo de programas que permitan gestionar adecuadamente el mantenimiento el cual es necesario dentro de la institución.

Estos programas deben contemplar medidas para prevenir los riesgos de posibles daños, que se puedan sufrir realizando las diversas actividades.

Existen riesgos para quienes trabajan y reciben el servicio que brindan los equipos del sector salud, los cuales forman parte de un tema que cobra cada vez mayor importancia.

Con el fin dotar a las unidades ejecutoras de la institución de un instrumento que les permita administrar mejor los recursos (humano, presupuestario y físico) asignados para la función de mantenimiento, se propone una metodología de clasificación basada en cinco criterios, que engloban las actividades que se realizan alrededor de los equipos.



Los criterios se han ponderado de acuerdo con su importancia, tomando como punto de partida la protección a: paciente, operador, medio ambiente y proceso de producción para lo cual se utilizaron los siguientes criterios: Riesgo, Afectación, Utilización, Frecuencia y Tiempo; se seleccionaron estos criterios con base en antecedentes, experiencia, estudios y entrevistas.

El concepto de riesgo es incierto por naturaleza, si se pudiera a ciencia cierta determinar o fijar el daño causado por una actividad, y éste no variara (ni positivo, ni negativo) dicho daño sería parte de los resultados de las actividades.

La definición de riesgo para nuestros efectos se puede determinar como: el producto del daño causado por la probabilidad de que tal daño se produzca.

### **Riesgo = Daño x Probabilidad**

La afectación incide cuando el servicio de atención directa o indirecta o la realización de cualquier tipo de trámite en la unidad, se ve interrumpido por una falla producida en el equipo, lo que provoca perjuicio a los usuarios y/o proceso de producción, esto a su vez provoca atrasos en la atención, debido a que el equipo no está en un cien por ciento de su funcionamiento.

Es por ello que se pretende que los equipos estén bajo un estricto programa de mantenimiento para lograr minimizar las averías, prevenir defectos en la producción, evitar accidentes laborales y por ende evitar altos costos.

La utilización o cantidad de horas de trabajo del equipo, miden el tiempo efectivo de operación durante un período, ya que el uso es uno de los factores del cual va a depender la cantidad de fallas que se presenten, debido a que sus componentes sufren más desgaste, además proporcionalmente a mayor utilización mayor necesidad de mantenimiento.

La frecuencia indica la cantidad de fallas que pueden presentarse en un equipo durante su operación en un periodo de tiempo, se relaciona tanto con factores internos como externos que afectan el buen funcionamiento.

El tiempo indica el periodo requerido para la corrección del fallo, es necesario que éste sea el mínimo posible para evitar trastornos en la prestación del servicio, de ello depende la agilidad y fiabilidad de la atención brindada, cuanto menor sea el lapso entre el fallo y la puesta en operación, mayor es la eficiencia y eficacia con que se presta el servicio.

Para cada uno de los criterios que intervienen en la metodología de clasificación se definieron tres niveles de importancia en orden descendente (N1, N2, N3), y cómo afectan éstos, a los elementos que intervienen en la prestación del servicio y a los cuales se desea proteger, llámese (paciente, operador, equipo, proceso de producción, ambiente e inversión) además se planteó un árbol de decisión para determinar cómo se interrelacionan éstos para clasificar los equipos en: A, B o C.

### 3.7.9.1. Definición de criterios para clasificación

Para determinar la clasificación del equipo analizado, se deben considerar los criterios de acuerdo con la definición dada y escoger un nivel para cada uno de éstos. La escogencia del nivel de acuerdo con el criterio, se recomienda que sea realizada por el encargado de mantenimiento en conjunto con el Jefe del Servicio o alguna persona que éste delegue como responsable del equipo.

- a. **RIESGO:** Efectos adversos que el fallo del equipo puede causar a, pacientes, operadores, público, medio ambiente.
  - i. **Nivel 1:** El fallo del equipo trae riesgos dañinos para el paciente, operador, público y al medio ambiente.
  - ii. **Nivel 2:** El fallo del equipo trae consigo riesgos menores para el paciente, operador, público y al medio ambiente.
  - iii. **Nivel 3:** El fallo del equipo no trae riesgos para el paciente, operador, público, medio ambiente y / o al proceso de producción.

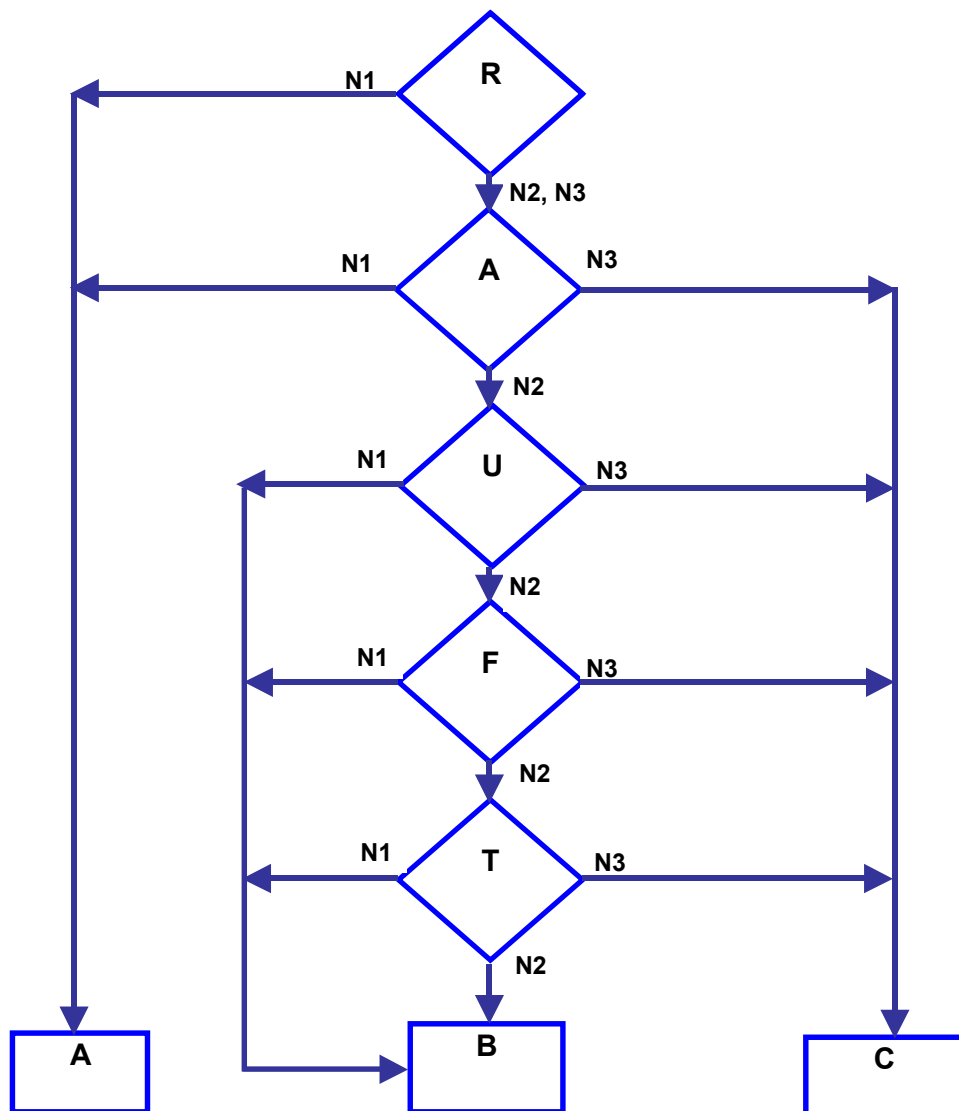
- b. AFECTACIÓN:** Están asociadas al fallo del equipo sobre la atención prestada al paciente y / o proceso producción y a la capacidad de interrumpirlo de forma total o parcial, el mismo.
- i. Nivel 1:** El fallo del equipo provoca la interrupción total de la atención que se le brinda al paciente y / o al proceso de producción.
  - ii. Nivel 2:** El fallo del equipo provoca la interrupción de un componente o elemento que interviene en la atención que se le brinda al paciente y / o al proceso de producción.
  - iii. Nivel 3:** Existen equipos similares disponibles y la posibilidad de alternarlos inmediatamente al ocurrir el fallo sin producir afecciones en atención brindada al paciente y / o al proceso de producción.
- c. UTILIZACIÓN:** Se relaciona directamente con el período de uso del equipo, en un tiempo determinado.
- i. Nivel 1:** El equipo es utilizado con mucha frecuencia (más de 8 horas diarias).
  - ii. Nivel 2:** El equipo es utilizado entre 4 y 8 horas diarias.
  - iii. Nivel 3:** El equipo es de uso ocasional.

- d. **FRECUENCIA:** Cantidad de fallos por periodo de utilización (Fallos / unidad de tiempo).
  - i. **Nivel 1:** Muchas paradas: promedio mayor a 2 al año.
  - ii. **Nivel 2:** Paradas ocasionales: promedio mayor a 1 y menor o igual a 2 al año.
  - iii. **Nivel 3:** Poco frecuente: promedio igual a 0 o menor o igual a 1 al año.
  
- e. **TIEMPO:** Tiempo requerido para corregir el fallo, en función del servicio al paciente y/o proceso de producción.
  - i. **Nivel 1:** El tiempo de reparación debe ser menor o igual a 1 día.
  - ii. **Nivel 2:** El tiempo de reparación debe ser mayor que un día y menor o igual a cinco días.
  - iii. **Nivel 3:** El tiempo de reparación puede ser mayor a 5 días.

### 3.7.9.2. Árbol de decisión de la clasificación

Una vez identificados los niveles dentro de los criterios definidos anteriormente, se aplica el siguiente "Árbol de decisión" para determinar la clasificación del equipo analizado. Éste puede resultar CLASE A, B o C.

#### Árbol de decisión



### **3.7.10. Apartado 8: Observaciones**

En este apartado se escriben comentarios u otras características referentes al equipo, éstos no se contemplan en el formulario.

### **3.7.11. Apartado 9: Características operacionales**

Aquí se anotan las características operacionales del equipo evaluado, tales como características eléctricas, electrónicas, mecánicas, electromecánicas entre otras.

Se deben llenar los espacios que correspondan al equipo, las características son:



- a. Capacidad motor (Hp)
- b. Corriente (amp-amperios)
- c. Corriente de fuga ( $\mu$ A- micro amperios)
- d. Decibeles(Db)
- e. Diámetro (Pulg.- pulgadas)
- f. Frecuencia (Hz- Hertz)
- g. Lúmenes (lums)
- h. Ohms ( $\Omega$ )
- i. Peso (Kg- Kilogramos)
- j. Potencia (Wttz)
- k. Presión (Psi)
- l. Temperatura ( $^{\circ}$ C- Grados centígrados)
- m. Velocidad(rpm- revoluciones/minuto)
- n. Voltaje (V)
- o. Volumen (cm<sup>3</sup> ó m<sup>3</sup>)
- p. "Otras" , se utilizará para registrar alguna otra característica que se haya obviado y que se considere muy importante.

### **3.7.12. Apartado 10: Responsable del llenado de la información**

En este apartado se anota el nombre del encargado del servicio o el responsable del llenado del formulario, también se anota el nombre y la firma del encargado del mantenimiento, para que este último apruebe que el formulario se halla llenado correctamente.



### 3.8. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo ventana.

| MANUAL DE INSPECCIONES PARA AIRES ACONDICIONADOS, TIPO VENTANA <sup>5</sup>  |                  |   |   |                     |  |                                   |                  |                |          |
|--|------------------|---|---|---------------------|--|-----------------------------------|------------------|----------------|----------|
| <b>HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS</b><br><b>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO</b><br><b>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA</b><br><b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b> |                  |   |   |                     | <table border="1"> <tr> <td><b>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</b></td> <td><b>BIMENSUAL</b></td> </tr> <tr> <td><b>CÓDIGO:</b></td> <td><b>B</b></td> </tr> </table> | <b>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</b> | <b>BIMENSUAL</b> | <b>CÓDIGO:</b> | <b>B</b> |
| <b>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</b>  | <b>BIMENSUAL</b> |   |   |                     |  |                                   |                  |                |          |
| <b>CÓDIGO:</b>   | <b>B</b>         |   |   |                     |  |                                   |                  |                |          |
| PARTE:   | Nº               | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO   |                                   |                  |                |          |
| 1. FILTRO DE AIRE Y PANEL FRONTAL  | 1 - 1            | Apague la unidad y desconecte el cable de alimentación, antes de dar mantenimiento, y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1   | 1                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 1 - 2            | Revisar el estado del filtro. Cambiar si es necesario.  | 1   | 2                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 1 - 3            | Enjuague el filtro utilizando agua y séquelo completamente. Reinstálelo nuevamente usando sus guías.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 1 - 4            | Enjuague el filtro utilizando agua y séquelo completamente. Reinstálelo nuevamente usando sus guías.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 1 - 5            | Enjuague el panel frontal utilizando agua. Séquelo completamente. Limpie el panel frontal, si nota acumulación de polvo o manchas y reinstale el panel frontal correctamente. La manera de instalarlo es inversa al proceso de remoción.                      | 1   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 1 - 6            | Si la unidad estuviera desconectada por un periodo largo, opere la unidad en el modo ventilación por unas 2 horas, para secar el interior de la unidad. Continuar con los trabajos asignados, mientras se cumple el tiempo.                                   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
| 2. EVAPORADOR  | 2 - 1            | Saque la unidad de la ventana en que se encuentra ubicado el aire acondicionado, y ubíquela en un lugar plano y seguro para realizar la inspección.   | 2   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 2 - 2            | Desarme la unidad hasta tener todas las partes al alcance.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 2 - 3            | Lavar la unidad condensadora, agregando el líquido limpiador, especificado sobre el serpentín. Cuando utiliza químicos usar bastante agua.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 2 - 4            | Lavar la turbinas, el aspa, la tapa frontal y la bandeja del evaporador.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 2 - 5            | Lavar el drenaje, aplicando solamente agua.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |
|  | 2 - 6            | Verificar que el drenaje no esté obstruido.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                                   |                  |                |          |

<sup>5</sup> El tiempo total de las inspecciones bimensuales es de 240 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

Continuación del manual de inspecciones bimensuales para los aires acondicionados, tipo ventana.

|                    |        |  |   |   |           |
|--------------------|--------|--|---|---|-----------|
| 3. CONDENSADOR     | 3 - 1  | Lavar la unidad condensadora, agregando el líquido limpiador, especificado sobre el serpentín. Cuando utiliza químicos usar bastante agua.   | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 3 - 2  | Lavar el aspa aplicando solamente agua.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 3 - 3  | Lubricar los ventiladores.   | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 3 - 4  | Revisar el estado, alineamiento, balance y fijación de las aspas. Informar.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 3 - 5  | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 3 - 6  | Revisar el estado del soporte, fijación y amortiguadores del motor. Informar.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 3 - 7  | Verificar que no hallan fugas en el sistema. Corregir si es necesario.   | 2 | 5 | Eléctrico |
|                    | 3 - 8  | Lavar el o los serpentines.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 3 - 9  | Arme la unidad del aire acondicionado, y vuélvala a colocar en el lugar de donde se quitó.   | 2 | 5 | Eléctrico |
| 4. SISTEMA GENERAL | 4 - 1  | Verificar que el termostato esté funcionando correctamente.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 2  | Verificar que el funcionamiento del control de temperatura, sea el adecuado. Corregir si es necesario.   | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 3  | Verificar que el termostato ejecuta las funciones de corte.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 4  | Verificar la operación del selector. Informar.   | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 5  | Lavar el cobertor metálico del equipo, aplicando solamente agua.   | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 6  | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 7  | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 8  | Verificar el adecuado apriete de los pernos de las tapas y fijación del equipo en forma general. Corregir si es necesario.   | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 9  | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                 | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 10 | Revisar el estado de los relees. Informar.   | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 11 | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica. Corregir si es necesario.   | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 12 | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica. Corregir si es necesario.  | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 13 | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique desplazador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1 | 5 | Eléctrico |
|                    | 4 - 14 | Medir la intensidad y tensión del equipo.  | 1 | 5 | Eléctrico |
| OBSERVACIONES:     |        |  |   |   |           |

### 3.9. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo minisplit.

| MANUAL DE INSPECCIONES PARA AIRES ACONDICIONADOS, TIPO MINISPLIT <sup>6</sup>  |           |   |   |                     |  |                            |           |         |   |
|--|-----------|---|---|---------------------|--|----------------------------|-----------|---------|---|
| HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS<br>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO<br>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA<br>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO |           |   |   |                     | <table border="1"> <tr> <td>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</td> <td>BIMENSUAL</td> </tr> <tr> <td>CÓDIGO:</td> <td>B</td> </tr> </table> | FRECUENCIA DE INSPECCIONES | BIMENSUAL | CÓDIGO: | B |
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES   | BIMENSUAL |   |   |                     |  |                            |           |         |   |
| CÓDIGO:  | B         |   |   |                     |  |                            |           |         |   |
| PARTE:   | Nº        | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO   |                            |           |         |   |
| 1. FILTRO DE AIRE Y PANEL FRONTAL  | 1 - 1     | Apague la unidad y desconecte el cable de alimentación, antes de dar mantenimiento, y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1   | 1                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 1 - 2     | Levante el panel frontal de la unidad de aire acondicionado, y jale el filtro hacia abajo.  | 1   | 2                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 1 - 3     | Revisar el estado del filtro. Cambiar si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 1 - 4     | Enjuague el filtro utilizando agua y séquelo completamente. Reinstálelo nuevamente usando sus guías.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 1 - 5     | Enjuague el panel frontal utilizando agua. Séquelo completamente. Limpie el panel frontal, si nota acumulación de polvo o manchas y reinstale el panel frontal correctamente. La manera de instalarlo es inversa al proceso de remoción.                      | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 1 - 6     | Si la unidad estuviera desconectada por un periodo largo, opere la unidad en el modo ventilación por unas 2 horas, para secar el interior de la unidad. Continuar con los trabajos asignados, mientras se cumple el tiempo.                                   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
| 2. EVAPORADOR  | 2 - 1     | Desconecte las tuberías del refrigerante del evaporador de ser necesario.   | 2   | 10                  | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 2 - 2     | Coloque el evaporador en una parte plana y segura, libre de suciedad para su respectivo mantenimiento.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 2 - 3     | Desarme el evaporador con cuidado, y realice el mantenimiento sugerido.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 2 - 4     | Lavar la unidad condensadora, agregando el líquido limpiador, especificado sobre el serpentín. Cuando utiliza químicos usar bastante agua.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 2 - 5     | Lavar el cobertor metálico del equipo, aplicando agua y detergente en polvo.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 2 - 6     | Lavar la turbinas, el aspa, la tapa frontal y la bandeja del evaporador.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 2 - 7     | Lavar el drenaje, aplicando agua y detergente en polvo.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 2 - 8     | Verificar que el drenaje no esté obstruido. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 2 - 9     | Lavar la bomba de condensados.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |
|  | 2 - 10    | Arme el evaporador, instale de nuevo la tubería de refrigerante, y coloque la unidad en el lugar de trabajo.  | 2   | 5                   | Eléctrico  |                            |           |         |   |

<sup>6</sup> El tiempo total de las inspecciones bimensuales es de 288 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

Continuación del manual de inspecciones bimensuales para los aires acondicionados, tipo minisplit.

|                    |        |   |   |    |           |
|--------------------|--------|---|---|----|-----------|
| 3. CONDENSADOR     | 3 - 1  | Desconecte las tuberías del refrigerante del condensador de ser necesario.  | 2 | 10 | Eléctrico |
|                    | 3 - 2  | Coloque el condensador en una parte plana y segura, libre de suciedad para su respectivo mantenimiento.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 3  | Lavar la unidad condensadora, agregando el líquido limpiador, especificado sobre el serpentín. Cuando utiliza químicos usar bastante agua.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 4  | Lavar el aspa aplicando solamente agua.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 5  | Lavar los cobertores aplicando agua y detergente en polvo.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 6  | Lubricar los ventiladores.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 7  | Revisar el estado, alineamiento, balance y fijación de las aspas. Detenga el equipo para limpiar. Informar,   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 8  | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran. Detenga el equipo para realizar la inspección.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 9  | Revisar el estado del soporte, fijación y amortiguadores del motor. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 10 | Verificar que no hallan fugas en el sistema. Corregir si es necesario.  | 2 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 11 | Lavar el o los serpentines.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 12 | Arme el condensador, instale de nuevo la tubería de refrigerante, y coloque la unidad en el lugar de trabajo.   | 2 | 5  | Eléctrico |
| 4. SISTEMA GENERAL | 4 - 1  | Verificar que el termostato esté funcionando correctamente.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 2  | Verificar que el funcionamiento del control de temperatura, sea el adecuado. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 3  | Verificar que el termostato ejecuta las funciones de corte.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 4  | Revisar el estado del aislamiento de la tubería de succión. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 5  | Verificar la operación del selector. Informar.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 6  | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 7  | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 8  | Verificar el adecuado apriete de los pernos de las tapas y fijación del equipo en forma general. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 9  | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 10 | Revisar el estado de los relees. Informar.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 11 | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 12 | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique despalizador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 13 | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 4 - 14 | Medir la intensidad y tensión del equipo.   | 1 | 5  | Eléctrico |
| OBSERVACIONES:     |        |   |   |    |           |

### 3.10. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo split.

| MANUAL DE INSPECCIONES PARA AIRES ACONDICIONADOS, TIPO SPLIT <sup>7</sup>  |        |   |   |                     |   |
|--|--------|---|---|---------------------|---|
| <b>HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS</b><br><b>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO</b><br><b>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA</b><br><b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b> |        |   |   |                     | <b>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</b><br><b>BIMENSUAL</b> |
|  |        |   | <b>CÓDIGO:</b>  |                     | <b>B</b>  |
| PARTE:   | Nº     | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO                                |
| 1. FILTRO DE AIRE Y EVAPORADOR   | 1 - 1  | Apague la unidad y desconecte el cable de alimentación, antes de dar mantenimiento, y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1   | 1                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 2  | Desarme la unidad hasta poder acceder al filtro y al evaporador.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 3  | Revisar el estado del filtro. Cambiar si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 4  | Enjuague el filtro utilizando agua y séquelo completamente. Reinstálelo nuevamente usando sus guías.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 5  | Lavar la unidad evaporadora, de acuerdo a las indicaciones del fabricante.  | 2   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 6  | Lavar el gabinete, y los cobertores de la unidad evaporadora, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 7  | Limpiar el drenaje y verificar que su estado sea el adecuado. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 8  | Inspeccionar el estado del aislamiento térmico de las tuberías. Corregir se es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 9  | Inspeccionar el estado del aislamiento de los cobertores del evaporador. Corregir si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 10 | Limpiar las conexiones de la unidad con limpiador dieléctrico, de acuerdo a las indicaciones del fabricante.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 11 | Limpiar el bulbo de la válvula de expansión, y el tubo donde éste hace contacto.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 12 | Inspeccionar el estado y la tensión de las fajas. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 13 | Limpiar las poleas de transmisión.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 14 | Verificar que el funcionamiento y el estado de las poleas sea el adecuado. Corregir si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 15 | Verificar que las poleas estén alineadas correctamente y que los prisioneros estén ajustados adecuadamente. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 16 | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 17 | Lavar la bandeja del evaporador.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 18 | Lubricar los motores eléctricos de la unidad utilizando lubricante sin aditivos ni componentes detergentes y de acuerdo con las indicaciones del fabricante.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 19 | Lavar las turbinas de la unidad.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |

<sup>7</sup> El tiempo total de las inspecciones bimensuales es de 326 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.


Continuación del manual de inspecciones bimensuales para los aires acondicionados, tipo split.

|                    |        |   |   |    |           |
|--------------------|--------|---|---|----|-----------|
| 2. CONDENSADOR     | 2 - 1  | Desarme la unidad con mucho cuidado, hasta tener acceso al condensador.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 2  | Lavar la unidad condensadora, de acuerdo a las indicaciones del fabricante.   | 2 | 10 | Eléctrico |
|                    | 2 - 3  | Lavar el aspa y los cobertores de la unidad condensadora, de acuerdo a las indicaciones del fabricante.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 4  | Limpiar con aire comprimido las bobinas del motor del abanico. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 5  | Limpiar las conexiones de la unidad con limpiador dieléctrico, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 6  | Medir las presiones de funcionamiento con la unidad encendida y verificar que se ajusten a los valores indicados por el fabricante. Corregir si es necesario. | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 7  | Lubricar los motores eléctricos de la unidad utilizando lubricante sin aditivos ni componentes detergentes y de acuerdo con las indicaciones del fabricante.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 8  | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
| 3. SISTEMA GENERAL | 3 - 1  | Verificar que la carga del refrigerante sea la adecuada, de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Ajustar si es necesario.                               | 1 | 10 | Eléctrico |
|                    | 3 - 2  | Verificar que el termostato esté funcionando correctamente.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 3  | Verificar que el funcionamiento del control de temperatura, sea el adecuado. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 4  | Verificar que el termostato ejecuta las funciones de corte.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 5  | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 6  | Revisar el estado, alineamiento, balance y fijación de las aspas. Detenga el equipo para limpiar. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 7  | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 8  | Verificar el adecuado apriete de los pernos de las tapas y fijación del equipo en forma general. Corregir si es necesario.                                    | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 9  | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran. Detenga el equipo para realizar la inspección.                                      | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 10 | Revisar el estado del soporte, fijación y amortiguadores del motor. Informar.   | 2 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 11 | Verificar que no existan fugas de refrigerante ni infiltración de aire. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 12 | Verificar que los ductos no presente deformación, y que no exista fugas de aire. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 13 | Verificar que las rejillas de entrada no se encuentren deterioradas, y que no presente vibración. Corregir si es necesario.                                   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 14 | Limpiar rejillas de entrada.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 15 | Verificar que los difusores, no se encuentren deteriorados, y que no presente vibración. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |

Continuación del manual de inspecciones bimensuales para los aires acondicionados, tipo split.

|                       |        |  |   |    |           |
|-----------------------|--------|--|---|----|-----------|
| 3. SISTEMA GENERAL    | 3 - 16 | Inspeccionar el estado del aislamiento. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 17 | Aplicar pintura en aquellas partes que lo requieran.   | 2 | 10 | Eléctrico |
|                       | 3 - 18 | Verificar el buen funcionamiento de los dampers. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 19 | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                 | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 20 | Revisar el estado de los relees. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 21 | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 22 | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique despaldador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 23 | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 24 | Medir la intensidad y tensión del equipo.  | 1 | 5  | Eléctrico |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |        |  |   |    |           |

### 3.11. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo paquete (unidades centrales).

| MANUAL DE INSPECCIONES PARA AIRES ACONDICIONADOS, TIPO PAQUETE (UNIDADES CENTRALES) <sup>8</sup>   |        |   |   |                     |   |
|--|--------|---|---|---------------------|---|
| <b>HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS</b><br><b>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO</b><br><b>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA</b><br><b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b> |        |   |   |                     | <b>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</b><br><b>BIMENSUAL</b> |
|  |        |   | <b>CÓDIGO:</b>  |                     | <b>B</b>  |
| PARTE:   | Nº     | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO                                |
| 1. FILTRO DE AIRE Y EVAPORADOR   | 1 - 1  | Apague la unidad y desconecte el cable de alimentación, antes de dar mantenimiento, y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1   | 1                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 2  | Desarme la unidad hasta poder acceder al filtro y al evaporador.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 3  | Revisar el estado del filtro. Cambiar si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 4  | Enjuague el filtro utilizando agua y séquelo completamente. Reinstálelo nuevamente usando sus guías.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 5  | Lavar la unidad evaporadora, de acuerdo a las indicaciones del fabricante.  | 2   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 6  | Lavar el gabinete, y los cobertores de la unidad evaporadora, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 7  | Limpiar el drenaje y verificar que su estado sea el adecuado. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 8  | Inspeccionar el estado del aislamiento térmico de las tuberías. Corregir se es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 9  | Inspeccionar el estado del aislamiento de los cobertores del evaporador. Corregir si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 10 | Limpiar las conexiones de la unidad con limpiador dieléctrico, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 11 | Limpiar el bulbo de la válvula de expansión, y el tubo donde este hace contacto.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 12 | Inspeccionar el estado y la tensión de las fajas. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 13 | Limpiar las poleas de transmisión.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 14 | Verificar que el funcionamiento y el estado de las poleas sea el adecuado. Corregir si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 15 | Verificar que las poleas estén alineadas correctamente y que los prisioneros estén ajustados adecuadamente. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 16 | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 17 | Lavar la bandeja del evaporador.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 18 | Lubricar los motores eléctricos de la unidad utilizando lubricante sin aditivos ni componentes detergentes y de acuerdo con las indicaciones del fabricante.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |
|  | 1 - 19 | Lavar las turbinas de la unidad.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |

<sup>8</sup> El tiempo total de las inspecciones bimensuales es de 326 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.



Continuación del manual de inspecciones bimensuales para los aires acondicionados, tipo paquete (unidades centrales)

|                    |        |   |   |    |           |
|--------------------|--------|---|---|----|-----------|
| 2. CONDENSADOR     | 2 - 1  | Desarme la unidad con mucho cuidado, hasta tener acceso al condensador.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 2  | Lavar la unidad condensadora, de acuerdo a las indicaciones del fabricante.   | 2 | 10 | Eléctrico |
|                    | 2 - 3  | Lavar el aspa y los cobertores de la unidad condensadora, de acuerdo a las indicaciones del fabricante.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 4  | Limpiar con aire comprimido las bobinas del motor del abanico. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 5  | Limpiar las conexiones de la unidad con limpiador dieléctrico, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 6  | Medir las presiones de funcionamiento con la unidad encendida y verificar que se ajusten a los valores indicados por el fabricante. Corregir si es necesario. | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 7  | Lubricar los motores eléctricos de la unidad utilizando lubricante sin aditivos ni componentes detergentes y de acuerdo con las indicaciones del fabricante.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 2 - 8  | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
| 3. SISTEMA GENERAL | 3 - 1  | Verificar que la carga del refrigerante sea la adecuada, de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Ajustar si es necesario.                               | 1 | 10 | Eléctrico |
|                    | 3 - 2  | Verificar que el termostato esté funcionando correctamente.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 3  | Verificar que el funcionamiento del control de temperatura, sea el adecuado. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 4  | Verificar que el termostato ejecuta las funciones de corte.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 5  | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 6  | Revisar el estado, alineamiento, balance y fijación de las aspas. Detenga el equipo para limpiar. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 7  | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 8  | Verificar el adecuado apriete de los pernos de las tapas y fijación del equipo en forma general. Corregir si es necesario.                                    | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 9  | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran. Detenga el equipo para realizar la inspección.                                      | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 10 | Revisar el estado del soporte, fijación y amortiguadores del motor. Informar.   | 2 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 11 | Verificar que no existan fugas de refrigerante ni infiltración de aire. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 12 | Verificar que los ductos no presente deformación, y que no exista fugas de aire. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 13 | Verificar que las rejillas de entrada no se encuentren deterioradas, y que no presente vibración. Corregir si es necesario.                                   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 14 | Limpiar rejillas de entrada.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                    | 3 - 15 | Verificar que los difusores, no se encuentren deteriorados, y que no presente vibración. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |

Continuación del manual de inspecciones bimensuales para los aires acondicionados, tipo paquete (unidades centrales).

|                       |        |  |   |    |           |
|-----------------------|--------|--|---|----|-----------|
| 3. SISTEMA GENERAL    | 3 - 16 | Inspeccionar el estado del aislamiento. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 17 | Aplicar pintura en aquellas partes que lo requieran.   | 2 | 10 | Eléctrico |
|                       | 3 - 18 | Verificar el buen funcionamiento de los dampers. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 19 | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                 | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 20 | Revisar el estado de los relees. Informar.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 21 | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 22 | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique despalzador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 23 | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 3 - 24 | Medir la intensidad y tensión del equipo.  | 1 | 5  | Eléctrico |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |        |  |   |    |           |

### 3.12. Manual de mantenimiento para los aires acondicionados, tipo manejadoras de aire.

| MANUAL DE INSPECCIONES PARA AIRES ACONDICIONADOS, TIPO MANEJADORAS DE AIRE <sup>9</sup>  |         |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
|--|---------|---|---|---------------------|--|----------------------------|---------|---------|---|
| HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS<br>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO<br>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA<br>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO |         |   |   |                     | <table border="1"> <tr> <td>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</td> <td>MENSUAL</td> </tr> <tr> <td>CÓDIGO:</td> <td>M</td> </tr> </table> | FRECUENCIA DE INSPECCIONES | MENSUAL | CÓDIGO: | M |
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES   | MENSUAL |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
| CÓDIGO:  | M       |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
| PARTE:   | Nº      | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO   |                            |         |         |   |
| 1. FILTRO DE AIRE Y DUCTOS   | 1 - 1   | Apague la unidad y desconecte el cable de alimentación, antes de dar mantenimiento, y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 2   | Desarme la unidad hasta poder acceder al filtro.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 3   | Revisar el estado del filtro. Cambiar si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 4   | Enjuague los filtros utilizando agua , séquelos completamente. Reinstálelos nuevamente usando sus guías.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 5   | Verificar que los ductos no presente daños que puedan causar fugas de aire. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 6   | Verificar que las rejillas de entrada no se encuentren deterioradas, y que no presente vibración. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 7   | Limpiar rejillas de entrada.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 8   | Verificar que los difusores, no se encuentren deteriorados, y que no presenten vibración. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 9   | Inspeccionar el estado del aislamiento. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |         |   |   |                     |  |                            |         |         |   |

<sup>9</sup> El tiempo total de las inspecciones mensuales es de 105 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

**MANUAL DE INSPECCIONES PARA AIRES ACONDICIONADOS, TIPO MANEJADORAS DE AIRE<sup>10</sup>**

HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS

SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



|                            |            |
|----------------------------|------------|
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES | TRIMESTRAL |
| CÓDIGO:                    | T          |


| PARTE:             | Nº     | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO |
|--------------------|--------|---|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1. SISTEMA GENERAL | 1 - 1  | Desconectar el interruptor eléctrico del equipo y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 2  | Lavar el serpentín de la unidad manejadora.   | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 3  | Limpie y lave la bandeja de condensados, agregando agua y jabón en polvo. Corregir si es necesario.   | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 4  | Limpiar el drenaje y verificar que su estado sea el adecuado. Corregir si es necesario.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 5  | Inspeccionar el estado del aislamiento térmico de las tuberías. Corregir se es necesario.   | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 6  | Limpiar las conexiones de la unidad con limpiador dieléctrico, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 7  | Verificar el estado del aislamiento interno del mueble metálico. Informar.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 8  | Saque los tornillos del motor, extraiga el motor de la manejadora de aire.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 9  | Limpiar con aire comprimido las bobinas del motor de la turbina. Corregir si es necesario.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 10 | Limpiar las poleas de transmisión.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 11 | Inspeccionar el estado y la tensión de las fajas. Corregir si es necesario.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 12 | Verificar que el funcionamiento y el estado de las poleas sea el adecuado. Corregir si es necesario.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 13 | Verificar que las poleas estén alineadas correctamente y que los prisioneros estén ajustados adecuadamente. Corregir si es necesario.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 14 | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran. Detenga el equipo para realizar la inspección.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 15 | Revisar la turbina, verifique estado y fijación. Corregir si es necesario.  | 1                  | 15                  | Eléctrico              |

<sup>10</sup> El tiempo total de las inspecciones trimestrales es de 251 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

Continuación del manual de inspecciones trimestrales para los aires acondicionados, tipo manejadoras de aire.

|                       |  |  |    |           |           |
|-----------------------|--|--|----|-----------|-----------|
| 1. SISTEMA GENERAL    | 1 - 16                                     | Verificar que el funcionamiento del control de temperatura sea el adecuado. Corregir si es necesario.  | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 17                                     | Verificar que el termostato ejecuta las funciones de corte. Informar.  | 1  | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 18                                     | Comprobar que la lectura del termostato equivale a la lectura del patrón, si es posible y necesario calibre.   | 1  | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 19                                     | Revisar el estado de muñoneras, rodamientos, anote la presencia o no de sonidos extraños y vibraciones. Informar.  | 1  | 15        | Eléctrico |
|                       | 1 - 20                                     | Revisar el estado y operación de las válvulas de 2 ó 3 vías. Verifique el funcionamiento según la señal del termostato. Informar.  | 2  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 21                                     | Verificar que no existan fugas en la tubería de suministro de agua de la manejadora. Informar.   | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 22                                     | Verificar que no existan fugas en la tubería de salida de agua de la manejadora. Informar.   | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 23                                     | Revisar el estado del soporte, fijación y amortiguadores del motor. Informar.  | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 24                                     | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.  | 1  | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 25                                     | Verificar el adecuado apriete de los pernos de las tapas y fijación del equipo en forma general. Corregir si es necesario.   | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 26                                     | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.  | 1  | 15        | Eléctrico |
|                       | 1 - 27                                     | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.   | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 28                                     | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                 | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 29                                     | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.  | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 30                                     | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.   | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 31                                     | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique desplazador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1  | 10        | Eléctrico |
| 1 - 32                | Revisar el estado de los relees. Informar. | 1  | 10 | Eléctrico |           |
| 1 - 33                | Medir la intensidad y tensión del equipo.  | 1  | 5  | Eléctrico |           |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |  |  |    |           |           |

### 3.13. Manual de mantenimiento para de sistemas de enfriamiento de agua (chiller) para manejadoras.

| MANUAL DE INSPECCIONES DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE AGUA (CHILLERS) <sup>11</sup>  |            |   |   |                     |   |                            |            |         |   |
|--|------------|---|---|---------------------|---|----------------------------|------------|---------|---|
| HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS<br>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO<br>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA<br>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO |            |   |   |                     | <table border="1"> <tr> <td>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</td> <td>TRIMESTRAL</td> </tr> <tr> <td>CÓDIGO:</td> <td>T</td> </tr> </table> | FRECUENCIA DE INSPECCIONES | TRIMESTRAL | CÓDIGO: | T |
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES   | TRIMESTRAL |   |   |                     |   |                            |            |         |   |
| CÓDIGO:  | T          |   |   |                     |   |                            |            |         |   |
| PARTE:   | Nº         | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO  |                            |            |         |   |
| 1. SISTEMA GENERAL   | 1 - 1      | Desconectar el interruptor eléctrico del equipo y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 2      | Lavar el serpentín de la unidad la unidad de suministro de agua helada o chiller, utilizando una hidrolavadora.   | 1   | 10                  | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 3      | Verificar el funcionamiento del enfriador o cooler. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 4      | Verificar en funcionamiento de los reguladores de temperatura, deben de estar aproximadamente a 12 grados Celsius.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 5      | Verificar el funcionamiento de la válvula de flujo o de control. Corregir si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 6      | Verificar las presiones de los compresores. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 7      | Verificar que no hallan fugas en el sistema. Corregir si es necesario.  | 2   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 8      | Revisar el estado, funcionamiento y conexión de las válvulas solenoides. Informar.  | 2   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 9      | Verificar el estado del aislamiento interno del mueble metálico. Informar.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 10     | Inspeccionar el estado del aislamiento térmico de las tuberías. Corregir se es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 11     | Revisar que la tubería de interconexión no presente roces con otras superficies aledañas. Informar.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 12     | Verificar que no existan fugas en la tubería de suministro de agua. Informar.   | 1   | 10                  | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 13     | Verificar que no existan fugas en la tubería de alimentación de agua. Informar.   | 1   | 10                  | Eléctrico   |                            |            |         |   |
|  | 1 - 14     | Limpia las conexiones de la unidad con limpiador dieléctrico, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |            |         |   |

<sup>11</sup> El tiempo total de las inspecciones trimestrales es de 225 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marion Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

Continuación del manual de inspecciones trimestrales para de sistemas de enfriamiento de agua (chiller) para manejadoras.

|                       |   |  |   |           |           |
|-----------------------|---|--|---|-----------|-----------|
| 1. SISTEMA GENERAL    | 1 - 15                                    | Limpiar con aire comprimido las bobinas de los motores del chiller. Corregir si es necesario.  | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 16                                    | Revisar el estado de muñoneras, rodamientos, anote la presencia o no de sonidos extraños y vibraciones. Informar.  | 1 | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 17                                    | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran. Detenga el equipo para realizar la inspección.   | 1 | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 18                                    | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.  | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 19                                    | Verificar el adecuado apriete de los pernos de las tapas y fijación del equipo en forma general. Corregir si es necesario.   | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 20                                    | Revisar el estado del soporte, fijación y amortiguadores del motor. Informar.  | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 21                                    | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.   | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 22                                    | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                 | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 23                                    | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.  | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 24                                    | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.   | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 25                                    | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique desplazador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 26                                    | Revisar el estado de los relees. Informar.   | 1 | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 27                                    | Verificar datos eléctricos del equipo y sus principales componentes respecto a placa. Informar.  | 1 | 5         | Eléctrico |
| 1 - 28                | Medir la intensidad y tensión del equipo. | 1  | 5 | Eléctrico |           |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |   |  |   |           |           |

### 3.14. Manual de mantenimiento para las bombas centrífugas aplica a las bombas de los chillers.

| MANUAL DE INSPECCIONES DE BOMBAS CENTRÍFUGAS <sup>12</sup>   |         |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
|--|---------|---|---|---------------------|--|----------------------------|---------|---------|---|
| HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS<br>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO<br>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA<br>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO |         |   |   |                     | <table border="1"> <tr> <td>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</td> <td>SEMANAL</td> </tr> <tr> <td>CÓDIGO:</td> <td>S</td> </tr> </table> | FRECUENCIA DE INSPECCIONES | SEMANAL | CÓDIGO: | S |
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES   | SEMANAL |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
| CÓDIGO:  | S       |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
| PARTE:   | Nº      | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO   |                            |         |         |   |
| 1. SISTEMA GENERAL   | 1 - 1   | Revisar que el sentido de giro de la bomba de agua sea la indicada por el fabricante. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 2   | Verifique el nivel y el estado del aceite en el caso de cojinetes lubricados con aceite, y cambie el aceite a intervalos fijos. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 3   | Verifique el estado de la grasa, en el caso de cojinetes lubricados con grasa. Corregir si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 4   | Verificar el estado, funcionamiento y conexión de todas las válvulas en general. Informar.  | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 5   | Anotar y verificar en los manómetros que la presión suministrada por las bombas sea la indicada. En caso contrario revise la presencia de fugas o bloqueos en las tuberías de succión y descarga. Corregir si es necesario. | 1   | 20                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 6   | Revisar que no existan fugas en el cuerpo de la bomba. Corregir si es necesario.  | 1   | 20                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 7   | Lubrique los cojinetes de la bomba y del motor.   | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 8   | Revisar el estado del soporte, fijación del motor. Informar.  | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 9   | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.   | 1   | 20                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |         |   |   |                     |  |                            |         |         |   |

<sup>12</sup> El tiempo total de las inspecciones semanales es de 165 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.



**MANUAL DE INSPECCIONES DE BOMBAS CENTRÍFUGAS<sup>13</sup>**

HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS

SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



|                                   |                   |
|-----------------------------------|-------------------|
| <b>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</b> | <b>TRIMESTRAL</b> |
| <b>CÓDIGO:</b>                    | <b>T</b>          |

| PARTE:             | Nº    | ACTIVIDAD  | NÚMERO DE TÉCNICOS | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO |
|--------------------|-------|--|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1. SISTEMA GENERAL | 1 - 1 | Revisar el adecuado alineamiento y el buen estado del acoplamiento motor-bomba. Corregir si es necesario.                  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 2 | Verificar el adecuado apriete de los pernos de las tapas y fijación del equipo en forma general. Corregir si es necesario. | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 3 | Inspeccionar el estado del aislamiento térmico de las tuberías. Corregir si es necesario.                                  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 4 | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 5 | Revisar el estado de la tubería. No debe presentar indicios de corrosión ni fugas de agua. Corregir si es necesario.       | 2                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 6 | Verificar que no existan fugas en la tubería de suministro de agua. Informar.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 7 | Verificar que no existan fugas en la tubería de alimentación de agua. Informar.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 8 | Limpiar con aire comprimido las bobinas del motor de la turbina. Corregir si es necesario.                                 | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 9 | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran. Detenga el equipo para realizar la inspección.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |

<sup>13</sup> El tiempo total de las inspecciones trimestrales es de 225 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marion Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

Continuación del manual de inspecciones trimestrales para las bombas centrífugas.

|                       |        |  |   |    |           |
|-----------------------|--------|--|---|----|-----------|
| 1. SISTEMA GENERAL    | 1 - 10 | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 1 - 11 | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 12 | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                 | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 13 | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.  | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 14 | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 15 | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique desplazador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 16 | Revisar el estado de los relees. Informar.   | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 17 | Verificar datos eléctricos del equipo y sus principales componentes respecto a placa. Informar.  | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 18 | Medir la intensidad y tensión del equipo.  | 1 | 5  | Eléctrico |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |        |  |   |    |           |

**MANUAL DE INSPECCIONES DE BOMBAS CENTRÍFUGAS<sup>14</sup>**

HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS

SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES | SEMESTRAL |
| CÓDIGO:                    | S         |



| PARTE:             | Nº     | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO |
|--------------------|--------|---|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1. SISTEMA GENERAL | 1 - 1  | Desconectar el interruptor eléctrico del equipo y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 2  | Si es posible, traslade la bomba a un sitio limpio antes de abrirla.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 3  | Evite abrir la bomba o reemplazar empaques, sellos o cojinetes en lugares expuestos al polvo u otros contaminantes. La contaminación es un factor primordial en el daño prematuro de los sellos, empaques y cojinetes.    | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 4  | Revise todas las partes y reemplace todas las partes desgastadas.   | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 5  | Limpie e inspeccione la carcasa y asegúrese de que estén despejados los conductos del impulsor y los que alimentan de líquido al estopero.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 6  | Observe el impulsor y el anillo de desgaste en busca de desgaste, erosión, rebadas, que pudieran causar un desequilibrio, vibración y deterioro.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 7  | Si aparentemente existe un problema de abrasión, use una película de poliuretano para prolongar la vida útil del impulsor.  | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 8  | Observe el eje en busca de desgaste, daños o torceduras. En caso de que el eje muestre signos de daño o desgaste, reemplácelo.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 9  | Saque el prensaestopas.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 10 | Use un gancho o extractor para sacar el empaque viejo y la jaula de sello, si se usa. Asegúrese de que se cambien todos los empaques viejos a ambos lados de la jaula de sello.   | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 11 | Consulte las instrucciones del fabricante en cuanto al tipo de empaques y al número de anillos.   | 2                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 12 | Si se emplean empaque enrollados, córtelos a la medida precisa. Puede haber una junta o inglete o a tope lo que es importante es que la junta quede bien ajustada.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 13 | Coloque los anillos de empaque cuidadosamente en el eje uno por uno.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 14 | Verificar que las juntas estén dispuestas alternadamente 45 grados a la derecha e izquierda a partir del centro superior del eje, en tal forma que no estén en línea dos juntas adyacentes.                               | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 15 | Si se emplea una jaula de sello, cerciórese de que esté alineado con la entrada del fluido al sello, de tal manera que el fluido pueda pasar libremente a través de la caja de empaques.                                  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 16 | Cuando todos los anillos de empaque se hallan insertado, coloque el prensaestopas y ajuste sus tuercas. Luego aflójelas poco menos que el ajuste manual.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 17 | Limpie el interior de la bomba e inspeccione en busca de desgaste o daños.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |

<sup>14</sup> El tiempo total de las inspecciones semestrales es de 395 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

Continuación del manual de inspecciones semestrales para bombas centrífugas.

|                       |  |  |    |           |           |
|-----------------------|--|--|----|-----------|-----------|
| 1. SISTEMA GENERAL    | 1 - 18   | Si la bomba tiene una caja de empaques, límpiela totalmente.   | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 19   | Inspeccione el eje, el cuñero y la cuña, y el tornillo prisionero en busca de rebadas o ranuras. Informar.   | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 20   | Abra el paquete de sellos muy cuidadosamente y con las manos limpias. La suciedad y los rasguños inadvertidos en la superficie de un sello pueden arruinarlo.  | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 21   | Inspeccione en busca de defectos y si lo detecta. Informar.  | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 22   | Si se cae un sello, no lo use a menos de que esté seguro de que no se haya dañado.   | 1  | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 23   | Lubrique ligeramente el anillo interno, la cuña de teflón o los fuelles antes de instalarlos. El lubricante debe ser compatible con el material del anillo.  | 1  | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 24   | Coloque el sello de reemplazo siguiendo las instrucciones del fabricante.  | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 25   | Si el anillo debe fijarse, verifique que el espacio entre las caras de los sellos, ya que un ajuste preciso es indispensable para evitar sellos demasiado apretados, que impidan la lubricación, o tan sueltos que permitan las fugas. | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 26   | Ensamble la bomba nuevamente y cerciórese de que tanto la bomba, como el elemento accionador estén alineados.  | 1  | 20        | Eléctrico |
|                       | 1 - 27   | Cebe la bomba de ser necesario.  | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 28   | Arranque la bomba de acuerdo a las especificaciones del fabricante.  | 1  | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 29   | Deje que la bomba funcione un par de horas antes de intentar controlar las fugas. Continúe con los trabajos asignados mientras se cumple el tiempo.  | 1  | 5         | Eléctrico |
|                       | 1 - 30   | Detecte las fugas. El sello podría presentar fugas un poco después de su instalación, pero sólo durante poco tiempo. La continuación de fugas podría indicar un sello defectuoso o una instalación inadecuada del mismo.               | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 31   | Para que las fugas estén de acuerdo con lo recomendado por el fabricante, ajuste las tuercas de prensaestopas gradualmente y por pasos.  | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 32   | Durante cada paso, gire las tuercas más o menos un cuarto de vuelta. Después, deje funcionar la bomba por lo menos 10 minutos entre los ajustes para que responda al cambio.   | 1  | 10        | Eléctrico |
|                       | 1 - 33   | Si la fuga es inferior a la indicada en las recomendaciones del fabricante, la bomba deberá apagarse y enfriarse antes de aflojar el prensaestopas.  | 1  | 10        | Eléctrico |
| 1 - 34                | Para bombas con líquido de enfriamiento externo, la presión de inyección deberá ajustarse a medida que la fuga vaya siendo regulada. | 1  | 10 | Eléctrico |           |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |  |  |    |           |           |

### 3.15. Manual de mantenimiento para las bombas vacío.

| MANUAL DE INSPECCIONES DE BOMBAS VACÍO <sup>15</sup>   |         |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
|--|---------|---|---|---------------------|--|----------------------------|---------|---------|---|
| HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS<br>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO<br>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA<br>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO |         |   |   |                     | <table border="1"> <tr> <td>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</td> <td>SEMANAL</td> </tr> <tr> <td>CÓDIGO:</td> <td>S</td> </tr> </table> | FRECUENCIA DE INSPECCIONES | SEMANAL | CÓDIGO: | S |
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES   | SEMANAL |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
| CÓDIGO:  | S       |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
| PARTE:   | Nº      | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO   |                            |         |         |   |
| 1. SISTEMA GENERAL   | 1 - 1   | Revisar que el sentido de giro de la bomba de vacío sea la indicada por el fabricante. Corregir si es necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 2   | Verifique el nivel y el estado del aceite de la bomba de vacío. Corregir si es necesario.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 3   | Verificar el estado, funcionamiento y conexión de todas las válvulas en general. Informar.  | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 4   | Anotar y verifique en los manómetros que la presión suministrada por las bombas sea la indicada. En caso contrario revise la presencia de fugas ó bloqueos en las tuberías de succión y descarga. Corregir si es necesario. | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 5   | Revisar que no existan fugas en el cuerpo de la bomba. Informar.  | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 6   | Lubrique los cojinetes de la bomba y del motor.   | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 7   | Revisar el estado de muñoneras, rodamientos, anote la presencia o no de sonidos extraños y vibraciones. Informar.   | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 8   | Revisar el estado del soporte, fijación del motor. Informar.  | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 9   | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.   | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |         |   |   |                     |  |                            |         |         |   |

<sup>15</sup> El tiempo total de las inspecciones semanales es de 140 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

**MANUAL DE INSPECCIONES DE BOMBAS VACÍO<sup>16</sup>**

HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS

SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



|                            |            |
|----------------------------|------------|
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES | TRIMESTRAL |
| CÓDIGO:                    | T          |

| PARTE:             | Nº     | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO |
|--------------------|--------|---|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1. SISTEMA GENERAL | 1 - 1  | Desconectar el interruptor eléctrico del equipo y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 2  | Verificar de no volver a poner la unidad en marcha durante la operación de mantenimiento.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 3  | Cerciórese de no realizar trabajos de mantenimiento en una bomba que esté a su temperatura de servicio normal dado el peligro por piezas o lubricante calientes.  | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 4  | Verifique el estado del filtro del lado de aspiración, de ser necesario límpielo con aire comprimido.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 5  | Cambie el filtro si estuviese completamente contaminado.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 6  | El disco y los discos de malla integrados deben limpiarse con regularidad de acuerdo con el grado de contaminación mediante el soplado con aire comprimido.   | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 7  | Comprobar el nivel de aceite con regularidad de acuerdo con las horas de funcionamiento. Corregir de ser necesario.   | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 8  | El primer cambio de aceite después de 500 horas de funcionamiento.  | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 9  | Cambios adicionales cada 500-2000 horas de funcionamiento.  | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 10 | Deben aumentarse los cambios si la aplicación produce polvo.  | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 11 | Verificar el uso de aceites corresponden a DIN 51506 VC/VCL o aceite sintético.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 12 | Verificar que el aceite tenga una viscosidad que debe corresponder a ISO-VG 100 de acuerdo con DIN 51519.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 13 | Si se cambia de marca de aceite, debe vaciarse el separador de aceite por completo.   | 1                  | 20                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 14 | Cambiar el separador de vapor de aceite o los elementos del separador de aceite cada 2000 horas de funcionamiento.  | 1                  | 15                  |                        |
|                    | 1 - 15 | Al volver a colocar el separador de vapor de aceite comprobar el sentido.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 16 | Verificar que la bomba no produzca un ruido de golpeteo.  | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 17 | Si se produce el ruido de golpeteo, verifique el estado de los casquillos. Cambiarlo de ser necesario.  | 1                  | 45                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 18 | Inspeccionar el estado y la tensión de las fajas para las bombas que tienen este tipo de transmisión. Corregir si es necesario.   | 1                  | 20                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 19 | Limpiar las poleas de transmisión.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |

<sup>16</sup> El tiempo total de las inspecciones trimestrales es de 155 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

Continuación del manual de inspecciones semestrales para bombas vacíos.

|                       |  |   |    |           |
|-----------------------|--|---|----|-----------|
| 1 - 20                | Verificar que el funcionamiento y el estado de las poleas sea el adecuado. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 21                | Verificar que las poleas estén alineadas correctamente y que los prisioneros estén ajustados adecuadamente. Corregir si es necesario.  | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 22                | Revisar el estado de la tubería. No debe presentar indicios de fugas. Corregir si es necesario.  | 2 | 20 | Eléctrico |
| 1 - 23                | Limpiar con aire comprimido las bobinas del motor de la bomba. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 24                | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran. Detenga el equipo para realizar la inspección.   | 1 | 5  | Eléctrico |
| 1 - 25                | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.  | 1 | 5  | Eléctrico |
| 1 - 26                | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 27                | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                 | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 28                | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.  | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 29                | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 30                | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique desplazador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 31                | Revisar el estado de los relees. Informar.   | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 32                | Verificar datos eléctricos del equipo y sus principales componentes respecto a placa. Informar.  | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 33                | Medir la intensidad y tensión del equipo.  | 1 | 5  | Eléctrico |
| 1 - 34                | Verificar el adecuado apriete de los pernos de las tapas y fijación del equipo en forma general. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
| 1 - 35                | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.  | 1 | 10 | Eléctrico |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |  |   |    |           |

### 3.16. Manual de mantenimiento para secadores de aire comprimido.

| MANUAL DE INSPECCIONES DE SECADORES DE AIRE COMPRIMIDO <sup>17</sup>   |        |   |   |                     |   |                            |        |         |   |
|--|--------|---|---|---------------------|---|----------------------------|--------|---------|---|
| HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS<br>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO<br>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA<br>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO |        |   |   |                     | <table border="1"> <tr> <td>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</td> <td>DARIAS</td> </tr> <tr> <td>CÓDIGO:</td> <td>D</td> </tr> </table> | FRECUENCIA DE INSPECCIONES | DARIAS | CÓDIGO: | D |
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES   | DARIAS |   |   |                     |   |                            |        |         |   |
| CÓDIGO:  | D      |   |   |                     |   |                            |        |         |   |
| PARTE:   | Nº     | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO  |                            |        |         |   |
| 1. SISTEMA GENERAL   | 1 - 1  | Verificar que el secador se encuentre evacuando condensado del sistema, para ello observe si los secadores abren normalmente y verifique que los tiempos entre descargas coincidan con los tiempos programados. Informar. | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |        |         |   |
|  | 1 - 2  | Anotar de acuerdo con las lecturas en la pantalla durante el período de trabajo, el punto de rocío de presión, tiempo porcentual de marcha del compresor frigorífico y el tiempo de purga de condensados. Informar.       | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |        |         |   |
|  | 1 - 3  | Observe la pantalla del secador y anote la cantidad de horas que el secador ha estado en servicio. Informar.  | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |        |         |   |
|  | 1 - 4  | Presione el pulsador de purga de condensados, observe si el secador purga agua del sistema.   | 1   | 5                   | Eléctrico   |                            |        |         |   |
|  | 1 - 5  | Si observa en la pantalla que el secador se encuentra en falla, anote el código del indicador de falla, corregir inmediatamente siguiendo las indicaciones del fabricante. Informar.                                      | 1   | 10                  | Eléctrico   |                            |        |         |   |
|  | 1 - 6  | Observe la pantalla y verifique el símbolo de mantenimiento, si el símbolo se muestra realice el mantenimiento respectivo. Informar.  | 2   | 30                  | Eléctrico   |                            |        |         |   |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |        |   |   |                     |   |                            |        |         |   |

<sup>17</sup> El tiempo total de las inspecciones diarias es de 120 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.



**MANUAL DE INSPECCIONES DE SECADORES DE AIRE COMPRIMIDO<sup>18</sup>**

HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS  
 SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO  
 DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA  
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



|                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| <b>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</b> | <b>MENSUAL</b> |
| <b>CÓDIGO:</b>                    | <b>M</b>       |

| PARTE:             | Nº    | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO |
|--------------------|-------|---|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1. SISTEMA GENERAL | 1 - 1 | Desconectar el interruptor eléctrico del equipo y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 2 | Con el secador apagado, limpie el abanico del condensador con aire comprimido de adentro hacia fuera.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 3 | Revisar las uniones del purgador con el filtro de aire y la tubería. Informar.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 4 | Lavar el o los serpentines.   | 1                  | 20                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 5 | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 6 | Con el secador en funcionamiento, verifique todas las uniones de la tuberías de entrada y de salida del secador y compruebe que no existan fugas. Corregir si es necesario.   | 1                  | 20                  | Eléctrico              |

**OBSERVACIONES:**

<sup>18</sup> El tiempo total de las inspecciones mensuales es de 115 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

**MANUAL DE INSPECCIONES DE SECADORES DE AIRE COMPRIMIDO<sup>19</sup>**

HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS

SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



|                                   |                   |
|-----------------------------------|-------------------|
| <b>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</b> | <b>TRIMESTRAL</b> |
| <b>CÓDIGO:</b>                    | <b>T</b>          |



| PARTE:             | Nº     | ACTIVIDAD  | NÚMERO DE TÉCNICOS | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO |
|--------------------|--------|--|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1. SISTEMA GENERAL | 1 - 1  | Inspeccionar el estado del aislamiento térmico del secador. Corregir se es necesario.                                    | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 2  | Verificar el estado interno como externo del mueble metálico. Informar.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 3  | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.                              | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 4  | Revisar el estado de muñoneras, rodamientos, anote la presencia o no de sonidos extraños y vibraciones. Informar.        | 1                  | 20                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 5  | Revisar el estado del soporte, fijación y amortiguadores del motor. Informar.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 6  | Revisar el estado, alineamiento, balance y fijación de las aspas. Detenga el equipo para limpiar. Informar.              | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 7  | Limpiar con aire comprimido las bobinas del motor de la bomba. Corregir si es necesario.                                 | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 8  | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran. Detenga el equipo para realizar la inspección. | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 9  | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 10 | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.                                 | 1                  | 10                  | Eléctrico              |

<sup>19</sup> El tiempo total de las inspecciones trimestrales es de 240 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

Continuación del manual de inspecciones trimestrales para los secadores de aire comprimido.

|                       |        |  |   |    |           |
|-----------------------|--------|--|---|----|-----------|
| 1. SISTEMA GENERAL    | 1 - 11 | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                 | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 12 | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.  | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 13 | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 14 | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique desplazador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 15 | Revisar el estado de los relees. Informar.   | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 16 | Verificar datos eléctricos del equipo y sus principales componentes respecto a placa. Informar.  | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 17 | Medir la intensidad y tensión del equipo.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 1- 18  | Verificar el adecuado apriete de los pernos de las tapas y fijación del equipo en forma general. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |        |  |   |    |           |

### 3.17. Manual de mantenimiento para compresores de aire comprimido.

| MANUAL DE INSPECCIONES DE LOS COMPRESORES DE AIRE COMPRIMIDO <sup>20</sup>   |         |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
|--|---------|---|---|---------------------|--|----------------------------|---------|---------|---|
| HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS<br>SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO<br>DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA<br>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO |         |   |   |                     | <table border="1"> <tr> <td>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</td> <td>SEMANAL</td> </tr> <tr> <td>CÓDIGO:</td> <td>S</td> </tr> </table> | FRECUENCIA DE INSPECCIONES | SEMANAL | CÓDIGO: | S |
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES   | SEMANAL |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
| CÓDIGO:  | S       |   |   |                     |  |                            |         |         |   |
| PARTE:   | Nº      | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS  | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO   |                            |         |         |   |
| 1. SISTEMA GENERAL   | 1 - 1   | Verifique el nivel del aceite en el cárter con el compresor detenido. Corregir si es necesario.                           | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 2   | Abra la válvula de purga del depósito, y deje que la presión del aire saque toda el agua que el depósito tiene acumulada. | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 3   | Limpiar con aire comprimido y de adentro hacia afuera el filtro de aire de succión.                                       | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 4   | Compruébese que el motor esté bien lubricado. Corregir de ser necesario.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 5   | Verifique la presión de descarga del compresor. Informar.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 6   | Compruébese la válvula de seguridad.  | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 7   | Verificar el sentido de giro del compresor. Informar.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 8   | Verificar y remover todos los objetos extraños que se encuentren en el compresor.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 9   | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.                               | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 10  | Verificar la presión del aceite no esté por debajo de 12 psi. Informar.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 11  | Verificar que la tensión de las poleas esté entre 6,4 mm y 9,5 mm. Corregir se ser necesario.                             | 1   | 10                  | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 12  | Verificar que el agujero de los cilindros y válvulas de succión, así como la válvula de descarga estén limpias.           | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
|  | 1 - 13  | Realizar una inspección general del estado del compresor. Informar.   | 1   | 5                   | Eléctrico  |                            |         |         |   |
| <b>OBSERVACIONES:</b>  |         |   |   |                     |  |                            |         |         |   |

<sup>20</sup> El tiempo total de las inspecciones semanales es de 135 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

**MANUAL DE INSPECCIONES DE LOS COMPRESORES DE AIRE COMPRIMIDO<sup>21</sup>**

HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS

SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



|                            |            |
|----------------------------|------------|
| FRECUENCIA DE INSPECCIONES | TRIMESTRAL |
| CÓDIGO:                    | T          |

| PARTE:             | Nº     | ACTIVIDAD  | NÚMERO DE TÉCNICOS | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO |
|--------------------|--------|--|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1. SISTEMA GENERAL | 1 - 1  | Cambiar el aceite y el filtro de aire de aspiración cada 1000 horas de operación.  | 1                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 2  | Llénese el cárter de aceite hasta que su nivel alcance el punto indicado por el fabricante. Usar siempre el tipo de aceite recomendado.                              | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 3  | Inspeccionar el estado y la tensión de las fajas. Corregir si es necesario. Utilizar 4 poleas Hi-Power II B83.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 4  | Verificar que el funcionamiento y el estado de las poleas sea el adecuado. Corregir si es necesario.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 5  | Verificar que las poleas estén alineadas correctamente y que los prisioneros estén ajustados adecuadamente. Corregir si es necesario.                                | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 6  | Verificar el estado del filtro del aceite. Cambiar de ser necesario.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 7  | Revisar, lubricar y engrasar los diferentes componentes que lo requieran. Detenga el equipo para realizar la inspección.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 8  | Límpiese las aletas de los cilindros y del refrigerador intermedio con chorro de aire y de ser necesario utilice un limpión para quitar polvo, grasa entre otros.    | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 9  | Revisar que el interruptor por alta temperatura del aire desconecta al compresor en forma adecuada. Informar.  | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 10 | Revisar que no existan fugas de aire en dentro del compresor. Informar   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 11 | Revisar que no existan fugas de aire entre las tuberías de conexión. Informar.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 12 | Revisar que no existan fugas en las tuberías y accesorios de distribución. Informar.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 13 | Revisar el estado, funcionamiento y conexión de las válvulas solenoides. Informar.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 14 | Verificar el estado de los filtros coalescentes, no deben existir fugas de aire y no deben estar dañados. Informar.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 15 | Vaciar el condensado de los filtros.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 16 | Verifique en el indicador de suciedad que la aguja se encuentre en la zona verde, de lo contrario cierren la válvula de alimentación y realice el cambio del filtro. | 2                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 17 | Verificar que la lectura en el manómetro del regulador de presión sea la indicada. Corregir si es necesario.   | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 18 | Apriétense las tuercas de las culatas y compruébese si las tuercas del anclaje están bien apretadas.   | 1                  | 10                  | Eléctrico              |

<sup>21</sup> El tiempo total de las inspecciones trimestrales es de 315 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

Continuación del manual de inspecciones trimestrales de los compresores de aire comprimido.

|                       |        |  |   |    |           |
|-----------------------|--------|--|---|----|-----------|
| 1. SISTEMA GENERAL    | 1 - 19 | Revisar que las tuercas del compresor se encuentren correctamente apretadas. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 1 - 20 | Limpiar con aire comprimido las bobinas del motor de la bomba. Corregir si es necesario.   | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 1 - 21 | Revisar el estado de muñoneras, rodamientos, anote la presencia o no de sonidos extraños y vibraciones. Informar.  | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 22 | Revisar que no existan ruidos extraños o vibración en el equipo y sus accesorios. Informar.  | 1 | 5  | Eléctrico |
|                       | 1 - 23 | Limpiar toda la suciedad que tenga el equipo. Corregir si es necesario.  | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 24 | Inspeccionar y ajustar las conexiones eléctricas de la unidad. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 25 | Revisar los terminales del sistema, sustituya de ser necesario, si presentan problemas en el aislamiento del cobertor, falsos contactos o recalentamiento. Desconecte la alimentación eléctrica.                                 | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 26 | Revisar el cableado, terminales y aprietes de los dispositivos de control. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.  | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 27 | Revisar el cableado, terminales y sujeciones de potencia. Desconecte la alimentación eléctrica.. Corregir si es necesario.   | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 28 | Revisar los contactores, verifique que no presenten carbonización en los contactos, y que los terminales de los cables no estén flojos. Limpie y aplique desplazador de humedad. Desconecte la alimentación eléctrica. Informar. | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 29 | Revisar el estado de los relees. Informar.   | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 30 | Verificar datos eléctricos del equipo y sus principales componentes respecto a placa. Informar.  | 1 | 10 | Eléctrico |
|                       | 1 - 31 | Medir la intensidad y tensión del equipo.  | 1 | 5  | Eléctrico |
| <b>OBSERVACIONES:</b> |        |  |   |    |           |

**MANUAL DE INSPECCIONES DE LOS COMPRESORES DE AIRE COMPRIMIDO<sup>22</sup>**

HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS

SERVICIO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| <b>FRECUENCIA DE INSPECCIONES</b> | <b>ANUAL</b> |
| <b>CÓDIGO:</b>                    | <b>A</b>     |

| PARTE:             | Nº    | ACTIVIDAD   | NÚMERO DE TÉCNICOS | DURACIÓN EN MIN/TÉC | DESCRIPCIÓN DEL PUESTO |
|--------------------|-------|---|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1. SISTEMA GENERAL | 1 - 1 | Desconectar el interruptor eléctrico del equipo y asegurarse de que no pueda arrancar, mientras se realiza la inspección. Colocar sobre el interruptor una etiqueta de seguridad que indique "NO CONECTAR-MANTENIMIENTO". | 1                  | 5                   | Eléctrico              |
|                    | 1 - 2 | Desarme el compresor siguiendo el manual del fabricante.  | 2                  | 15                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 3 | Revise internamente el cabezote del compresor. Informar.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 4 | Verifique el estado de los componentes internos tanto de las válvulas de succión como de la válvula de descarga. Informar.  | 1                  | 20                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 5 | Verifique el estado de los pistones, de que no presenten ralladuras o desgastes. Informar.  | 1                  | 10                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 6 | Revisión eléctrica general del compresor. Revise, reporte, limpie, seque y sustituya si es necesario de todo el sistema.  | 2                  | 60                  | Eléctrico              |
|                    | 1 - 7 | Revisión mecánica general del compresor: Revise, reporte, limpie, seque y sustituya si es necesario todas las partes del compresor.   | 2                  | 60                  | Eléctrico              |

**OBSERVACIONES:**

<sup>22</sup> El tiempo total de las inspecciones anuales es de 240 minutos. Este manual fue aprobado por el Ing. Marlon Hernández Rojas, Jefe del servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

### **3.18. Conclusiones y recomendaciones del proyecto de administración del mantenimiento**

#### **3.18.1. Conclusiones**

- a. Con la realización del inventario se logró, realizar una evaluación de los dispositivos a los cuales se les asignarían las inspecciones para tener una mejor perspectiva de las características de cada uno y así poder plantear el mantenimiento correspondiente.
- b. El inventario de los equipo industriales del hospital, fue hecho con el formulario que establece la Dirección de Conservación y Mantenimiento de la Caja Costarricense del Seguro Social, y además cumple con los requisitos de formato e información planteados por la misma entidad.
- c. La frecuencia con que se realizarán las inspecciones a los equipos se planteó con base en las recomendaciones de fabricantes, por medio de información proporcionada en los manuales de los equipos, así como del personal técnico del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños. Los manuales fueron aprobados por el Ing. Marlon Hernández Rojas, jefe del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.



### **3.18.2.Recomendaciones**

- a. Se recomienda que las entidades encargadas de cumplir el manual de mantenimiento preventivo propuesto para los diferentes equipos sean especializadas en estas labores con el fin de garantizar un trabajo eficiente, lo anterior cuando el mantenimiento preventivo sea realizado por terceros, y si es realizado por el personal técnico del hospital, que se encuentre capacitado.
  
- b. Se recomienda cumplir con la frecuencia propuesta para realizar las inspecciones a los equipos, ya que muchas de éstas fueron establecidas por los fabricantes.

## **Capítulo 4. Proyecto de ingeniería: Rediseño del sistema de gases medicados.**

En el presente capítulo se muestra la evaluación realizada al sistema de gases médicos tanto para la red de aire comprimido medicado como al sistema de vacío, también se realizó un análisis al sistema de aire comprimido industrial, siguiendo los requisitos de la norma NFPA 99 (National Fire Protection Association) utilizada para los centros hospitalarios. Además se detalla el análisis del caudal máximo de los sistemas anteriormente descritos, así como la verificación de los diámetros de las tuberías, secadores de aire, trampas, ángulos de inclinación y el código de colores de tuberías para centros hospitalarios que rige la norma, así como la verificación de la capacidad de los compresores que se utilizan actualmente.

### **4.1. Justificación del proyecto**

Actualmente el Hospital Nacional de Niños cuenta con un sistema de gases médicos, que se utilizan en los diferentes servicios del Hospital Nacional de Niños.

Debido a que se tienen siete compresores que operan las 24 horas del día, de los cuales solamente trabajan tres de ellos, que suministran aire medicado en el sistema a una presión de 4,137 bar (60 psig), no se ha calculado cuál es la demanda máxima que requiere el sistema ya que en algunos servicios del Hospital se ha extendido la red tanto la de aire medicado como la de vacío, a cuartos de hospitalización, salas de tratamiento entre otros, y además se han colocado varias salidas o tomas en lugares en donde anteriormente no se utilizaba el aire o vacío.

Este estudio se hace con el fin de verificar si los compresores y las bombas de vacío que operan actualmente están en capacidad de suplir adecuadamente la demanda que el sistema requiere, como base de trabajo para llevar a cabo una compra de equipos nuevos para que el sistema funcione adecuadamente. También se verifican que los diámetros utilizados en la red sean los adecuados para distribuir el aire y mantener la presión constante con la mínima pérdida de presión estipulada por la Norma NFPA 99, tanto para el sistema de aire medicado como para el sistema de vacío, ya que muchos equipos médicos como los ventiladores que se utilizan en los servicios de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), Neonatología y otros servicios del hospital, funcionan a una presión de 4,137 bar (60 psig), y al realizarse las ampliaciones de la red, se han estado presentando caídas de presión considerables, que hacen que el agua que lleva el aire se condense y se introduzca en los ventiladores o que el equipo trabaje deficientemente.

## 4.2. Metodología

- a. Conocer y evaluar el sistema de gases medicados del hospital.
- b. Estudio de los componentes (flujómetros, vacuómetros, ventiladores y otros equipos médicos) que se utilizan para la red de aire comprimido medicado.
- c. Estudiar la Norma NFPA 99, y verificar los requisitos que debe cumplir un sistema de gases médicos.
- d. Búsqueda de información de los equipos utilizados en la red de aire comprimido medicado, así como catálogos, caudales de diseño recomendados para diferentes servicios, factores de simultaneidad entre otros.
- e. Recorrido en los dos edificios del hospital (Hospitalización, Especialidades Médicas), para ver los diferentes servicios o unidades, en donde se utiliza el aire medicado y así como vacío, como aire comprimido industrial para tomar el número de camas, habitaciones, y de salidas de aire y entradas de vacío.
- f. Determinación del caudal máximo de los sistemas de aire medicado, de vacío y del aire comprimido industrial.
- g. Verificación de los diámetros de las tuberías según norma NFPA 99.
- h. Verificación de la capacidad de los compresores, secadores de aire y bombas de vacío.

- i. Verificación del código de colores para sistemas de gases medicados, así como de los diferentes componentes que establece la norma NFPA 99.
- j. Verificación de ángulos de inclinación de la tubería, así como de la colocación de trampas en el sistema.
- k. Buscar asesoramiento por parte de profesores del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- l. Presentar los resultados obtenidos ante el Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Nacional de Niños.

#### **4.3. Sistema de aire comprimido medicado**

Para los efectos de la presente norma, el aire comprimido medicinal es:

- a. Aire suministrado por cilindros o contenedores o que se ha reconstituido a partir de oxígeno y nitrógeno y que cumple, como mínimo, con el grado “D” de la ANSI Z86.1, “Commodity Specification for Air” (Folleto G-7.1 de la CGA).<sup>23</sup>
- b. Atmósfera local exterior libre de todo contaminante en forma de partículas, olor, vapores de aceite u otros gases, suministrado por un sistema de compresor. El aire de la atmósfera local puede ser igual en pureza o sequedad al aire reconstituido de grado “D” según la especificación general.

---

<sup>23</sup> Definiciones tomadas de la norma NFPA 99C 1987.

El aire medicinal es un gas incoloro, inodoro e insípido que se obtiene mediante la compresión de aire atmosférico o de la mezcla de oxígeno y nitrógeno en proporciones 21 y 79% respectivamente.

A objeto de evitar incendios y garantizar la seguridad, el aire suministrado por un compresor y sistemas de tratamiento de aire deberá cumplir como mínimo los valores límites de la tabla 4.3.1. a las condiciones de diseño.<sup>24</sup>

**Tabla 4.3.1.** Características del aire comprimido medicado

| <b>Característica</b>                                | <b>Valor límite</b>  |
|--|--|
| Agua condensada                                      | 0 (nominal)  |
| Hidrocarburos:<br>Líquidos<br>Gaseosos (como metano) | 0 ppm (nominal)<br>< 25 ppm  |
| Monóxido de carbono                                  | 10 ppm   |
| Dióxido de carbono                                   | 500 ppm  |
| Punto de rocío                                       | < 39 °F (4 °C) @ 50 psig   |
| Partículas permanentes                               | 5 mg/m <sup>3</sup> a presión atmosférica normal, tamaño de la partícula de 1 micron |

<sup>24</sup> Tomado de la Norma NFPA 99,1999.

Deberá determinarse la calidad del aire atmosférico local para ayudar a establecer el rendimiento óptimo del compresor y del sistema de tratamiento de aire.

La contaminación de la red de suministro del compresor de aire medicinal por hidrocarburos, y su transporte hacia la red de distribución podrían resultar dañinos tanto para la seguridad del usuario final como para la integridad del sistema, y constituir un riesgo potencial de incendio. Es práctica común mezclar aire comprimido medicinal con oxígeno y el riesgo de incendio aumenta si el aire está contaminado con estas sustancias. No se dispone de datos cuantitativos en relación a los niveles específicos o mezclas que pudieran crear este riesgo. Por ello, los límites para hidrocarburos líquidos se basan en datos empíricos.

El punto de rocío a la presión de línea presentada acepta que algunos sistemas de tuberías de aire comprimido medicinal puedan canalizarse fuera de los edificios. Este requisito apunta al hecho que donde se experimentan temperaturas ambientes más frías el diseño del sistema debe impedir el congelamiento de la línea de aire.

#### 4.3.1. Determinación de la carga total para sistema de aire medicado

Para la determinación de la carga total de aire comprimido medicado se utilizó la Figura A.1, en la cual se especifica el caudal de diseño recomendado así como el factor de simultaneidad, para cada servicio o área que integra un hospital.

Para poder utilizar esta figura se debe ubicar el servicio la locación en la primer columna, y en la fila de la locación y corriéndose hacia la derecha se puede encontrar el caudal de diseño ya sea por unidad (ventiladores), cama, habitación o cuarto o por salida, así como el factor de simultaneidad respectivo, y al tener el número exacto de unidades de ventiladores, camas, cuartos o salidas, se procede a multiplicar el caudal de diseño por el número correspondiente y por su factor de simultaneidad, éste caudal es el caudal máximo probable.

Ejemplo: Servicio de cuarto de recuperación (Postanestesia)

De la Figura A.1 se puede observar que se recomienda un caudal de diseño de 2,0 SCFM/Habitación, con un factor de simultaneidad de 50%, y como en el hospital hay solamente una habitación se procede a realizar la operación matemática.

$$Q_{Max} = \frac{SCFM}{Habitación} \bullet f_{Simul\ tan\ eidad} \bullet \# Habitaciones$$

$$Q_{Max} = \frac{2 \cdot SCFM}{Habitación} \bullet 50\% \bullet 1 \cdot Habitación$$

$$Q_{Max} = 1 \cdot SCFM$$

Para el resto de los demás servicio se procedió de la misma manera, y se suman los caudales de los otros servicios, para poder obtener el caudal máximo probable para el hospital. (Ver la Tabla 4.3.1.1 en la página siguiente).



**Tabla 4.3.1.1.** Cálculo de la demanda máxima para el edificio de Hospitalización y Especialidades Médicas.<sup>25</sup>

| Nº | Piso | Nombre del servicio  | Aire medicado             |      |        |        |                         |                                    |              |
|----|------|--|---------------------------|------|--------|--------|-------------------------|------------------------------------|--------------|
|    |      |  | Caudal de diseño en SCFM/ |      |        |        | Factor de simultaneidad | Número de camas, Cuartos, Entradas | SCFM de aire |
|    |      |  | Unidad                    | Cama | Cuarto | Salida |                         |                                    |              |
| 1  | s    | Sala 5 (Rayos X)   |                           |      | 1,0    |        | 10%                     | 1                                  | 0,10         |
| 2  | s    | Sala 6 (Cateterismo)   |                           |      | 0,5    |        | 50%                     | 1                                  | 0,25         |
| 3  | s    | Ultrasonido  |                           |      | 1,0    |        | 10%                     | 1                                  | 0,10         |
| 4  | 1    | Infectología (Cuarto de tratamiento)                             |                           |      | 1,0    |        | 10%                     | 2                                  | 0,20         |
| 5  | 1    | Infectología (Consultorio médico)                                |                           |      |        | 0,5    | 10%                     | 1                                  | 0,05         |
| 6  | 1    | Infectología (Camas de hospitalización)                          |                           | 0,5  |        |        | 10%                     | 7                                  | 0,35         |
| 7  | 1    | Nebulizaciones   |                           |      |        | 1,0    | 50%                     | 8                                  | 4,00         |
| 8  | 1    | Medicina 6 (Aislamiento) (Ventilador)                            | 3,5                       |      |        |        | 100%                    | 1                                  | 3,50         |
| 9  | 1    | Medicina 6 (Cuarto de tratamiento)                               |                           |      | 1,0    |        | 10%                     | 2                                  | 0,20         |
| 10 | 1    | Medicina 6 (Misceláneos)   |                           |      |        | 0,5    | 10%                     | 7                                  | 0,35         |
| 11 | 1    | Medicina 6 (Diarreas)  |                           |      |        | 0,5    | 10%                     | 7                                  | 0,35         |
| 12 | 1    | Emergencias Médicas (Cuarto de Shock) (Camas)                    |                           | 0,5  |        |        | 10%                     | 4                                  | 0,20         |
| 13 | 1    | Emergencias Médicas (Cuarto de Shock) (Ventiladores)             | 3,5                       |      |        |        | 100%                    | 4                                  | 14,00        |
| 14 | 1    | Emergencias Médicas (Unidad de Trauma) (Ventiladores)            | 3,5                       |      |        |        | 100%                    | 2                                  | 7,00         |
| 15 | 1    | Emergencias Médicas (Sala de suturas quirúrgicas) (Ventiladores) | 3,5                       |      |        |        | 100%                    | 2                                  | 7,00         |
| 16 | 2    | Neonatología (Unidad de cuidados intensivos UCI) (Camas)         |                           | 1,0  |        |        | 75%                     | 8                                  | 6,00         |
| 17 | 2    | Neonatología (Unidad de cuidados intensivos UCI) (Ventiladores)  | 3,5                       |      |        |        | 100%                    | 10                                 | 35,00        |
| 18 | 2    | Neonatología (Unidad de cuidados prolongados) (Camas)            |                           | 1,0  |        |        | 75%                     | 15                                 | 11,25        |
| 19 | 2    | Medicina 5 (Neumonología)  |                           | 0,5  |        |        | 10%                     | 4                                  | 0,20         |
| 20 | 2    | Medicina 5 (Cuarto de tratamiento)                               |                           |      | 1,0    |        | 10%                     | 1                                  | 0,10         |
| 21 | 2    | Medicina 4 (Cuarto de tratamiento)                               |                           |      | 1,0    |        | 10%                     | 1                                  | 0,10         |
| 22 | 2    | Medicina 4 (Endocrinología)                                      |                           |      |        | 0,5    | 10%                     | 2                                  | 0,10         |
| 23 | 2    | Electroencefalografía  |                           |      |        | 0,5    | 10%                     | 1                                  | 0,05         |
| 24 | 3    | Medicina 3 (Transplante de médula ósea)                          |                           |      | 0,5    |        | 100%                    | 2                                  | 1,00         |
| 25 | 3    | Medicina 3 (Camas de hospitalización)                            |                           | 0,5  |        |        | 10%                     | 7                                  | 0,35         |
| 26 | 3    | Medicina 3 (Cuarto de tratamiento)                               |                           |      | 1,0    |        | 10%                     | 1                                  | 0,10         |
| 27 | 3    | Unidad de quemados (Quirófano)                                   |                           |      | 1,0    |        | 75%                     | 1                                  | 0,75         |
| 28 | 3    | Unidad de quemados (Curaciones)                                  |                           |      | 1,0    |        | 10%                     | 1                                  | 0,10         |
| 29 | 3    | Medicina 2 (Camas de hospitalización)                            |                           | 0,5  |        |        | 10%                     | 3                                  | 0,15         |

<sup>25</sup> Caudales y factores de simultaneidad obtenidos de la guía de diseño de Hill-Rom Medaes. Ver Figura A.1. en la página 234.

|    |   |  |     |     |     |  |      |    |                                       |                |
|----|---|--|-----|-----|-----|--|------|----|---------------------------------------|----------------|
| 30 | 3 | Medicina 1 (NIM) (Camas de hospitalización)        |     | 0,5 |     |  | 10%  | 5  | 0,25                                  |                |
| 31 | 3 | Medicina 1 (Cuarto de tratamiento)                 |     |     | 1,0 |  | 10%  | 1  | 0,10                                  |                |
| 32 | 3 | Medicina 1 (UN) (Camas de hospitalización)         |     | 0,5 |     |  | 10%  | 3  | 0,15                                  |                |
| 33 | 3 | Transplantes (Cuarto de tratamiento)               |     |     | 1,0 |  | 10%  | 1  | 0,10                                  |                |
| 34 | 3 | Recuperación de endoscopia                         |     |     | 2,0 |  | 50%  | 1  | 1,00                                  |                |
| 35 | 4 | Unidad de cuidados intensivos (UCI) (Ventiladores) | 3,5 |     |     |  | 100% | 10 | 35,00                                 |                |
| 36 | 4 | Unidad de cuidados intermedios (Ventiladores)      | 3,5 |     |     |  | 100% | 12 | 42,00                                 |                |
| 37 | 4 | Cirugía 4 (Camas de hospitalización)               |     | 0,5 |     |  | 10%  | 6  | 0,30                                  |                |
| 38 | 4 | Salas de operaciones                               |     |     | 0,5 |  | 100% | 7  | 3,50                                  |                |
| 39 | 4 | Recuperación                                       |     |     | 2,0 |  | 50%  | 1  | 1,00                                  |                |
| 40 | 4 | Cirugía 3 (Camas de hospitalización)               |     | 0,5 |     |  | 10%  | 1  | 0,05                                  |                |
| 41 | 4 | Cirugía 3 (Endoscopia)                             |     |     | 1,0 |  | 10%  | 1  | 0,10                                  |                |
| 42 | 4 | Cirugía 3 (Cuarto de tratamiento)                  |     |     | 1,0 |  | 10%  | 1  | 0,10                                  |                |
| 43 | 4 | Cirugía 2 (Camas de hospitalización)               |     | 0,5 |     |  | 10%  | 5  | 0,25                                  |                |
| 44 | 4 | Cirugía 2 (Cuarto de tratamiento)                  |     |     | 1,0 |  | 10%  | 1  | 0,10                                  |                |
| 45 | 3 | Cuarto de procedimientos                           |     |     | 0,5 |  | 10%  | 2  | 0,10                                  |                |
| 46 | 3 | Toma de muestras                                   |     |     | 0,5 |  | 10%  | 1  | 0,05                                  |                |
| 47 | 4 | Curaciones, tratamiento microscópico               |     |     | 0,5 |  | 10%  | 1  | 0,05                                  |                |
|    |   |  |     |     |     |  |      |    | <b>Caudal máximo probable (SCFM)</b>  | <b>177,10</b>  |
|    |   |  |     |     |     |  |      |    | <b>Caudal máximo probable (l/min)</b> | <b>5018,77</b> |

**Caudal de diseño (SCFM)** 232,02  
**Caudal de diseño (l/min)** 6570,10  
  
**Compresor a utilizar (SCFM)** 232,02  
**Caudal del compresor (l/min)** 6570,134

**Factor de corrección por altura:** 0,0130  
**Factor de corrección por temperatura:** 0,0300  
**Factor de corrección por HR:** 0,0171  
**Factor de corrección por fugas:** 0,0500  
**Factor de corrección por ampliación:** 0,2000

**Nuevo factor de ampliación:** 20,00%

Microsoft Excel

Como se pudo observar anteriormente el caudal máximo probable de aire para el edificio de hospitalización y el edificio de especialidades médicas es de 5018,77 l/min (177,10 pies<sup>3</sup>/min estándar SCFM), pero como este dato se da solamente al nivel del mar se debe de tomar en cuenta un factor de corrección por altura, dado que San José se encuentra a una altura de 1172 metros sobre el nivel del mar el factor apropiado es de 0,013<sup>26</sup>.

Por otra parte se debe de considerar el efecto que tiene la temperatura de entrada del aire como la humedad relativa, puesto que los compresores que se utilizan para fines médicos deben de ser libres de aceite, y esto tiende a que el compresor se recaliente debido a la fricción interna entre las camisas y el pistón, y dependiendo de la temperatura de entrada del aire, la eficiencia de éste puede caer, e inclusive las partes internas pueden dañarse, además se debe de considerar al humedad relativa ya que en ambientes muy húmedos hay más riesgo de que el vapor de agua presente en el aire condense y entre en el sistema de aire comprimido, e incluso si el compresor está detenido por un largo tiempo o si éste se encuentra como un compresor de respaldo el agua puede causar oxidación en sus partes internas, por lo que se tomó un factor por temperatura de 0,03<sup>27</sup>, y un factor por humedad relativa de 0,0171.<sup>28</sup>

---

<sup>26</sup> Ver Figura A.2 en la página 235

<sup>27</sup> Ver Tabla A.1 en la página 236

<sup>28</sup> Ver Tablas A.2 y A.3 en la página 237

Para poder determinar el factor de corrección por temperatura se utilizó la Tabla A.3, en la cual se busca en la columna de temperatura de entrada del aire, ya sea en grados Celsius o grados Fahrenheit , la temperatura a la cual el compresor estará succionando aire. Como la temperatura promedio anual en San José es de 24,9°C (76,82°F), e interpolando en los valores de 22 °C y 27 °C se obtuvo un valor de 1,011, pero se debe considerar el valor que se da al nivel del mar cuyo valor es de 0,981, una vez obtenidos estos valores se realiza la resta para poder obtener la diferencia total por corrección, cuyo factor es de 0,030.

Por otra parte para obtener el factor de corrección por humedad relativa se deben de utilizar las Tablas A.4 y la A.5. Para utilizar la Tabla A.4 se debe conocer la humedad relativa y la temperatura, como ya se conoce la temperatura del ambiente, solo hace falta averiguar la humedad relativa, según el Instituto Meteorológico Nacional, la humedad relativa promedio anual de San José es de 83%, con este dato se procede a buscar la cantidad de gr/lb (granos / libra) a las condiciones dadas (24,9°C (76,82°F), HR 83%), en donde se obtiene 88 gr/lb, una vez obtenido este valor se utiliza la Tabla A.5 en la que se realiza la interpolación para poder obtener el porcentaje del volumen de vapor de agua contenido en 88 gr/lb, en donde se obtiene un porcentaje de 1,71% , este es el factor de corrección por la humedad relativa.

Por último se consideró un factor por fugas de 5%, y un factor de ampliación mínimo del 20% para el todo el sistema ya que toda red de aire comprimido puede presentar problemas por fugas en uniones, en el depósito de aire, en los filtros entre otros, e inclusive este sistema se pueda ampliar en el futuro.

Por lo anterior, el caudal o flujo de diseño para seleccionar adecuadamente el compresor se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\max} = Q_{t\text{Max Pr oba}} \cdot (1 + f_{\text{Altura}} + f_{\text{Temperatura}} + f_{\text{Humedad}} + f_{\text{Fugas}} + f_{\text{Ampliación}})$$

$$Q_{\max} = 177,10 \cdot (1 + 0,013 + 0,030 + 0,0171 + 0,05 + 0,2)$$

$$Q_{\max} = 232,02 \cdot \text{SCFM}$$

Comparando el resultado obtenido anteriormente, con la capacidad existente, se puede decir, que el sistema de aire medicado está por debajo de la capacidad máxima que éste requiere para operar adecuadamente, ya que de los siete compresores que se tienen a disposición, solamente tres de ellos funcionan las 24 horas del día, están en capacidad de suministrar 87,4 SCFM (pies<sup>3</sup>/min estándar), por lo que hay un déficit de 144,62 SCFM (pies<sup>3</sup>/min estándar).

Dada la falta de aire en el sistema, se han estado presentando caídas de presión bastantes considerables en lugares en los cuales es indispensable contar con aire comprimido medicado, y debido a que no se tiene la presión que se requiere, equipos médicos como los ventiladores, operan defectuosamente, poniendo en peligro la vida de un ser humano.

#### 4.3.2. Verificación de los diámetros de la tuberías

Para la verificación de los diámetros de las tuberías, se siguió el procedimiento en donde se explica cómo se utiliza el formato que se diseñó, para llevar a cabo los cálculos adecuados:

- a. Dibujar el plano en isométrico, y colocar las distancias y los caudales de diseño en cada tramo, según el servicio respectivo.
- b. Realizar el formato adecuado en donde se presente la información necesaria para la verificación de los diámetros de las tuberías.
- c. Determinar la ruta crítica, ya que según la Norma NFPA 99, establece que entre el compresor y la última toma debe de existir una caída de presión máxima de 0,345 bar (5 psig).
- d. En la columna “**Tramo**” se colocan las letras o números de las diferentes secciones o tramos que conforman la red de aire comprimido medicado.

**Ejemplo:** En plano que se adjunta en los anexos, se puede observar el punto “S0”, en el que se indica el inicio de la red de aire medicado, y es a partir de este punto en donde se inician las pérdidas de presión, y para saber cuál es la caída de presión de este punto hasta “S1”, se establece el tramo “S0-S1”.

- e. En la siguiente columna “**Longitud media**” se escribe la longitud de cada tramo. Esta longitud se ingresa en metros y la hoja electrónica se encarga de convertir la distancia de metros a pies.

**Ejemplo:** Para el tramo “**S0-S1**”, existe una distancia media de 36,50 m, como se sabe  $1 \text{ m} = 3,2808 \text{ pies}$ , y llevando acabo la conversión respectiva se tiene lo siguiente:

$$36,50 \cdot \text{m} \cdot \frac{3,2808 \cdot \text{pies}}{1 \cdot \text{m}} = 119,74 \cdot \text{pies}$$

- f. En la columna “**Longitud Efectiva**” se multiplica la distancia anterior, por un factor de 1,5, el factor representa las pérdidas que se dan a través de la red de aire comprimido, por medio de los accesorios como Te’s, codos, reducciones, uniones, válvulas y también las pérdidas por fricción, entre otros.

$$L_{\text{Efectiva}} = 1,5 \cdot L_{\text{Media}}$$

**Ejemplo:**

$$L_{\text{Efectiva}} = 1,5 \cdot 119,74 \cdot \text{pies}$$

$$L_{\text{Efectiva}} = 179,63 \cdot \text{pies}$$

- g. Después en la columna “**Presión al inicio del tramo**”, se escribe la presión que existe, teóricamente al inicio de cada tramo o sección de tuberías, según la norma NFPA 99 el aire de grado médico se debe de operar a una presión de 3,45+0,345/-0 bar (50 +5/-0 psig), pero se estableció que la presión de trabajo para el sistema de aire medicado del Hospital Nacional de Niños fuera de 3,79 bar (55 psig). Entonces la presión al inicio de la sección “S0-S1” es de 3,79 (55 psig).
- h. En la siguiente columna “**Caída de presión disponible**” se coloca la caída mínima permitida por cada tramo, esta caída de presión, es la presión que queda disponible en cada tramo, esto con el fin de verificar que la caída de presión por cada sección no exceda la caída de presión máxima.

**Ejemplo:** Siguiendo con el mismo tramo “S0-S1” se obtiene que al inicio de la sección se tiene disponible una caída de presión de 0,344 bar (5 psig), pero para el siguiente tramo “S1-S2” se obtiene una caída de presión disponible de 0,328 bar (4,7629 psig), ya que la caída de presión en la sección S0-S1 es de 0,0188 bar (0,273 psig), por lo que este valor se tiene que restar para obtener la caída de presión disponible para el tramo “S1-S2”.

$$S1 - S2 = 5 \cdot \text{psig} - 0,273$$

**Ejemplo:**

$$S1 - S2 = 4,7629 \cdot \text{psig}$$



- i. Luego en la columna **“Caudal probable”** se coloca el caudal máximo probable, viaja por cada sección de tubería, este caudal es el que se puede ver en la Tabla 4.3.1.1. Para el tramo “S0-S1” se obtiene que el caudal máximo probable es la suma de todos los caudales probables de todos los servicios del hospital, cuyo valor es de 6570,13 l/min (232,02 pies<sup>3</sup>/min estándar SCFM), la hoja electrónica se encarga de convertir el caudal de pies cúbicos por minuto estándar (pies<sup>3</sup>/min estándar SCFM) a litros por minuto (l/min)
- j. La siguiente columna **“Caudal de diseño”** se utiliza para determinar, ya sea para verificar o calcular los diámetros de las tuberías de la red de aire comprimido medicado. Para determinar este caudal de diseño se utilizan nada más que los factores de corrección por altura, fugas y ampliación, ya que los factores de corrección por temperatura y humedad relativa se utilizan solamente para seleccionar el compresor. Por otra parte la hoja electrónica se encarga de realizar el cálculo respectivo para obtener el caudal de diseño, y de convertir este flujo de aire de pies cúbicos por minuto estándar (pies<sup>3</sup>/min estándar SCFM) a litros por minuto (l/min)

**Ejemplo:** Para el tramo “S0-S1” se obtiene un caudal máximo probable de 6570,13 l/min (232,02 SCFM) y realizando el cálculo respectivo se obtiene un caudal de diseño de 8298,13 l/min (293,04 SCFM).

$$Q_{\max} = Q_{\text{Max Probable}} \cdot (1 + f_{\text{Altura}} + f_{\text{Fugas}} + f_{\text{Ampliación}})$$

$$Q_{\max} = 232,02 \cdot (1 + 0,013 + 0,05 + 0,2)$$

$$Q_{\max} = 293,04 \cdot \text{SCFM}$$

- k. En la columna “**Diámetro de tubería**” simplemente se coloca el diámetro que se va utilizar, o que ya existe, esto con el simple hecho de tener como referencia cuál es el diámetro que se está analizando.

**Ejemplo:** El tramo “S0-S1” se inició analizando con un diámetro de 38 mm [1½”], pero dado a que se obtiene una caída de presión muy elevada se decidió cambiar este diámetro de 38 mm [1½”] a 76mm [3”].

- l. Seguidamente en la columna de “ **Caída de presión/100’** “ se coloca la caída de presión que existe en cada 100 pies de tubería equivalente, este dato se obtiene de las Figura A.3 que se encuentra en el anexo A en la páginas 209-210, para utilizar esta tabla se debe de conocer el caudal, ya sea en litros por minuto (l/min) o pies cúbicos por minuto estándar (SCFM) y el diámetro nominal de la tubería, y dependiendo del caudal de diseño que se tiene se debe de interpolar, según sea el caso.

**Ejemplo:** Continuando con el tramo “S0-S1” se sabe que el caudal de diseño es de 8298,13 l/min (293,04 SCFM) utilizando la Tabla A.6 se busca el caudal respectivo y para un diámetro de tubería de 38 mm [1½”], pero dado que el caudal a manejar es demasiado para esta tubería que se utiliza actualmente provocaría una caída de presión mucho mayor a 1,125 psi/pie, por lo que es recomendable aumentar el diámetro a 76 mm [3”] y así obtener una caída de presión mucho menor a la que obtendría si se utiliza la tubería de 38 mm [1½”]. Buscando el caudal respectivo y a una tubería de 76 mm [3”] se observa que el valor se encuentra entre dos valores cercanos a 8298,13 l/min (293,04 SCFM), por lo que se procede a interpolar para obtener la caída de presión de 0,1320 psi/pie.

m. Posteriormente en la siguiente columna “**Caída de presión/Tramo**” se calcula la caída de presión que existe en cada tramo según sea la longitud equivalente de cada sección, ya que para una longitud equivalente corta se va a obtener una caída de presión mucho menor que para un tramo o sección de tubería con una longitud muy larga.

**Ejemplo:** Siguiendo con la sección “S0-S1” se sabe que la longitud equivalente es de 179,63 pies y con una caída de presión 0,1320 psi/pie, y para poder obtener la caída de presión se realiza el siguiente cálculo:

Caída de presión/Tramo = Longitud equivalente (pie) • Caída de presión (psi/pie)

$$\text{Caída de presión/Tramo} = 179,63 \cdot \text{pies} \cdot \frac{0,1320 \cdot \text{psi}}{100 \cdot \text{pes}}$$

$$\text{Caída de presión/Tramo S0 - S1} = 0,02371 \cdot \text{psi}$$

Como se pudo observar la caída de presión depende de la longitud de la tubería y para esta sección se obtuvo una caída de presión de 0,0188 bar (0,0273 psi). La hoja electrónica se programó para que realizara automáticamente estos cálculos, por lo que sólo hay que introducir la caída de presión por cada 100 pies de tubería.

- n. En la siguiente columna “**Presión al final del tramo**” se determina cuál es la presión que existe al final del tramo, y se determina de la siguiente manera:

**Ejemplo:** Para el tramo “S0-S1” se sabe que al inicio de éste existe una presión de 3,79 bar (55 psig), y existe una caída de presión de 0,0188 bar (0,273 psi), por lo que al final del tramo “S0-S1” existe una presión de 3,776 bar (54,7629 psi), la cual se determina de la siguiente manera:

Presión al final del tramo (psi) = Presión al inicio del tramo (psi) - caída de presión (psi)

Presión al final del tramo (psi) = 55 · psi - 0,273 · psi

Presión al final del tramo (psi) = 54,7629 · psi

La presión final de la sección “S0-S1” es igual a la presión inicial del tramo “S1-S2”, y así sucesivamente hasta llegar hasta la última toma de aire.

- o. En la columna “**Estado**” se indica si el diámetro es el adecuado o no. Esta columna se utiliza solamente como una columna indicadora de si el diámetro utilizado es el correcto o hay que cambiarlo.

- p. Después en la columna **“Cambiar diámetro de:”** se indica cuál es el diámetro que se utilizaba anteriormente, y a la vez se indica cuál es el nuevo diámetro que se va a utilizar.

**Ejemplo:** Siguiendo con la sección “S0-S1” se determinó que el diámetro de 38 mm [1½”] no era el adecuado por lo que se decidió utilizar un tubo con un diámetro de 76 mm [3”], esto con el fin de obtener la mínima caída de presión posible y así cumplir con lo que se establece en la norma NFPA 99.

- q. Por último en la columna **“Nuevo diámetro a utilizar”** se indica el diámetro que se va utilizar para la red de aire comprimido medicado.

Se debe aclarar que para calcular la tubería principal “S0-S1” no se debe de utilizar el caudal máximo probable, sino el caudal que entrega el compresor, pero como se están realizando las gestiones para la elaboración del cartel y se tenga la participación de varios distribuidores de compresores, no se sabe cuál es el compresor que se va a utilizar, ya que existen varios compresores libres de aceite con diferentes capacidades.

A continuación se muestran las tablas con los cálculos de los diámetros. Pero primeramente se muestra la tabla de la ruta crítica, esto con el fin de verificar que la caída o pérdida máxima entre el compresor y la toma de aire que se encuentra más largo del compresor exista una caída de presión menor a 0,345 bar (5 psi), ya que para el resto de las otras rutas se supone que no debe de existir una caída de presión menor a la que existe en la ruta crítica. Dado al estudio se determinó que la ruta crítica se encuentra en el Servicio de Medicina 6 en el cuarto de misceláneos, pues existe una distancia de 274,50 m.

**Tabla 4.3.2.1.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica. Zona C, primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| S0-S1 | 36,50          | 119,75 | 179,63            | 55,0000                     | 5,0000                      | 232,02          | 6570,13 | 293,04           | 8298,13 | 3"               | 0,1320                | 0,2371                  | 54,7629                    | Diámetro correcto | 1 1/2"-3"            | 3"                        |
| S1-S2 | 29,40          | 96,46  | 144,68            | 54,7629                     | 4,7629                      | 120,70          | 3417,87 | 152,44           | 4477,78 | 3"               | 0,0403                | 0,0583                  | 54,7046                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| S2-A  | 162,90         | 534,45 | 801,67            | 54,7046                     | 4,7046                      | 32,60           | 923,14  | 41,17            | 1209,41 | 1 1/2"           | 0,0999                | 0,8009                  | 53,9037                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| A-C   | 20,70          | 67,91  | 101,87            | 53,9037                     | 3,9037                      | 18,60           | 526,70  | 23,49            | 690,03  | 3/4"             | 0,9850                | 1,0034                  | 52,9003                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D   | 6,20           | 20,34  | 30,51             | 52,9003                     | 2,9003                      | 4,05            | 114,68  | 5,12             | 150,25  | 1/2"             | 0,3490                | 0,1065                  | 52,7938                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-E   | 3,50           | 11,48  | 17,22             | 52,7938                     | 2,7938                      | 3,95            | 111,85  | 4,99             | 146,54  | 1/2"             | 0,3330                | 0,0574                  | 52,7365                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-F   | 2,90           | 9,51   | 14,27             | 52,7365                     | 2,7365                      | 3,85            | 109,02  | 4,86             | 142,83  | 1/2"             | 0,3180                | 0,0454                  | 52,6911                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-H   | 3,50           | 11,48  | 17,22             | 52,6911                     | 2,6911                      | 0,35            | 9,91    | 0,44             | 12,98   | 1/2"             | 0,0060                | 0,0010                  | 52,6900                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-I   | 4,40           | 14,44  | 21,65             | 52,6900                     | 2,6900                      | 0,15            | 4,25    | 0,19             | 5,56    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0009                  | 52,6892                    | Diámetro correcto | 3/8"-1/2"            | 1/2"                      |
| I-6   | 1,50           | 4,92   | 7,38              | 52,6892                     | 2,6892                      | 1,50            | 42,48   | 1,89             | 55,65   | 1/2"             | 0,0619                | 0,0046                  | 52,6846                    | Diámetro correcto | 3/8"-1/2"            | 1/2"                      |
| 6-j   | 1,50           | 4,92   | 7,38              | 52,6846                     | 2,6846                      | 1,00            | 28,32   | 1,26             | 37,10   | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 52,6823                    | Diámetro correcto | 3/8"-1/2"            | 1/2"                      |
| j-k   | 1,50           | 4,92   | 7,38              | 52,6823                     | 2,6823                      | 0,50            | 14,16   | 0,63             | 18,55   | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 52,6816                    | Diámetro correcto | 3/8" - 1/2"          | 1/2"                      |
| A-B   | 8,20           | 26,90  | 40,35             | 54,7046                     | 4,7046                      | 14,00           | 396,44  | 17,68            | 519,38  | 3/4"             | 0,5932                | 0,2394                  | 54,4652                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| F-G   | 4,60           | 15,09  | 22,64             | 52,6911                     | 2,6911                      | 3,50            | 99,11   | 4,42             | 129,84  | 1/2"             | 0,0159                | 0,0036                  | 52,6875                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| C-J   | 2,80           | 9,19   | 13,78             | 52,9003                     | 2,9003                      | 14,55           | 412,01  | 18,38            | 539,78  | 1"               | 0,1594                | 0,0220                  | 52,8783                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| J-K   | 0,60           | 1,97   | 2,95              | 52,8783                     | 2,8783                      | 14,40           | 407,77  | 18,19            | 534,22  | 1"               | 0,1564                | 0,0046                  | 52,8737                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 1"                        |
| K-L   | 2,80           | 9,19   | 13,78             | 52,8737                     | 2,8737                      | 14,20           | 402,10  | 17,93            | 526,80  | 1"               | 0,1523                | 0,0210                  | 52,8527                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 1"                        |
| L-M   | 2,60           | 8,53   | 12,80             | 52,8527                     | 2,8527                      | 14,00           | 396,44  | 17,68            | 519,38  | 1"               | 0,1483                | 0,0190                  | 52,8338                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 1"                        |
| J-N   | 2,00           | 6,56   | 9,84              | 52,8783                     | 2,8783                      | 0,15            | 4,25    | 0,19             | 5,56    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0004                  | 52,8779                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

Como se pudo observar anteriormente la caída de presión desde el compresor hasta la última salida de aire es de 3,63 bar (52,6816 psi), siempre y cuando se realicen los cambios respectivos de las tuberías.

**Tabla 4.3.2.2.** Verificación de los diámetros de los bajantes. Zona C, primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,4652                     | 4,4652                      | 14,00           | 396,44 | 17,68            | 500,71 | 3/4"             | 0,5932                | 0,0438                  | 54,4214                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| D-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 52,7938                     | 2,7938                      | 1,00            | 28,32  | 1,26             | 35,76  | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 52,7915                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 52,7365                     | 2,7365                      | 1,00            | 28,32  | 1,26             | 35,76  | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 52,7342                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 52,6875                     | 2,6875                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,0159                | 0,0012                  | 52,6863                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 52,6900                     | 2,6900                      | 0,35            | 9,911  | 0,44             | 12,52  | 1/2"             | 0,0060                | 0,0004                  | 52,6896                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| K-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 52,8737                     | 2,8737                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 71,53  | 1/2"             | 0,1023                | 0,0076                  | 52,8662                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| L-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 52,8527                     | 2,8527                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 71,53  | 1/2"             | 0,1023                | 0,0076                  | 52,8452                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| M-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 52,8338                     | 2,8338                      | 14,00           | 396,44 | 17,68            | 500,71 | 1"               | 0,1483                | 0,0109                  | 52,8228                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| N-10  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 52,8783                     | 2,8783                      | 1,50            | 42,48  | 1,89             | 53,65  | 1/2"             | 0,0619                | 0,0046                  | 52,8738                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.3.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices. Zona C, primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,20           | 3,94 | 5,91              | 54,4214                     | 4,4214                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,0538                  | 54,3676                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 2,20           | 7,22 | 10,83             | 54,3676                     | 4,3676                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0292                  | 54,3384                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 1-c   | 1,20           | 3,94 | 5,91              | 54,4214                     | 4,4214                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,0538                  | 54,3676                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| c-d   | 2,20           | 7,22 | 10,83             | 54,3676                     | 4,3676                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0292                  | 54,3384                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 5-e   | 0,50           | 1,64 | 2,46              | 52,6896                     | 2,6896                      | 0,50            | 14,16  | 0,63             | 17,88  | 1/2"             | 0,0102                | 0,0003                  | 52,6893                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 5-f   | 0,90           | 2,95 | 4,43              | 52,6896                     | 2,6896                      | 1,50            | 42,48  | 1,89             | 53,65  | 1/2"             | 0,0619                | 0,0027                  | 52,6869                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| f-g   | 1,70           | 5,58 | 8,37              | 52,6869                     | 2,6869                      | 1,00            | 28,32  | 1,26             | 35,76  | 1/2"             | 0,0310                | 0,0026                  | 52,6843                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| g-h   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 52,6843                     | 2,6843                      | 0,50            | 14,16  | 0,63             | 17,88  | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 52,6835                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 6-i   | 0,30           | 0,98 | 1,48              | 52,6846                     | 2,6846                      | 0,50            | 14,16  | 0,63             | 17,88  | 1/2"             | 0,0102                | 0,0002                  | 52,6845                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 7-o   | 0,70           | 2,30 | 3,44              | 52,8662                     | 2,8662                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 71,53  | 1/2"             | 0,1023                | 0,0035                  | 52,8626                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| o-p   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 52,8626                     | 2,8626                      | 1,50            | 42,48  | 1,89             | 53,65  | 1/2"             | 0,0619                | 0,0055                  | 52,8572                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| p-q   | 1,70           | 5,58 | 8,37              | 52,8572                     | 2,8572                      | 1,00            | 28,32  | 1,26             | 35,76  | 1/2"             | 0,0310                | 0,0026                  | 52,8546                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| q-r   | 2,20           | 7,22 | 10,83             | 52,8546                     | 2,8546                      | 0,50            | 14,16  | 0,63             | 17,88  | 1/2"             | 0,0102                | 0,0011                  | 52,8535                    | Diámetro correcto | 3/8"-1/2"            | 1/2"                      |
| 8-s   | 0,70           | 2,30 | 3,44              | 52,8452                     | 2,8452                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 71,53  | 1/2"             | 0,1023                | 0,0035                  | 52,8417                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| s-t   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 52,8417                     | 2,8417                      | 1,50            | 42,48  | 1,89             | 53,65  | 1/2"             | 0,0619                | 0,0055                  | 52,8362                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| t-u   | 1,70           | 5,58 | 8,37              | 52,8362                     | 2,8362                      | 1,00            | 28,32  | 1,26             | 35,76  | 1/2"             | 0,0310                | 0,0026                  | 52,8336                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| u-v   | 2,20           | 7,22 | 10,83             | 52,8336                     | 2,8336                      | 0,50            | 14,16  | 0,63             | 17,88  | 1/2"             | 0,0102                | 0,0011                  | 52,8325                    | Diámetro correcto | 3/8"-1/2"            | 1/2"                      |
| 9-x   | 0,70           | 2,30 | 3,44              | 52,8228                     | 2,8228                      | 14,00           | 396,44 | 17,68            | 500,71 | 3/4"             | 0,5932                | 0,0204                  | 52,8024                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| x-y   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 52,8024                     | 2,8024                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0316                  | 52,7708                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| y-z   | 1,70           | 5,58 | 8,37              | 52,7708                     | 2,7708                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 3/4"             | 0,1745                | 0,0146                  | 52,7562                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| z-aa  | 2,20           | 7,22 | 10,83             | 52,7562                     | 2,7562                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,0519                | 0,0056                  | 52,7505                    | Diámetro correcto | 3/8"-1/2"            | 1/2"                      |
| 10-l  | 0,70           | 2,30 | 3,44              | 52,8738                     | 2,8738                      | 1,50            | 42,48  | 1,89             | 53,65  | 1/2"             | 0,0619                | 0,0021                  | 52,8716                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| l-m   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 52,8716                     | 2,8716                      | 1,00            | 28,32  | 1,26             | 35,76  | 1/2"             | 0,0310                | 0,0027                  | 52,8689                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| m-n   | 1,70           | 5,58 | 8,37              | 52,8689                     | 2,8689                      | 0,50            | 14,16  | 0,63             | 17,88  | 1/2"             | 0,0102                | 0,0009                  | 52,8680                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |



**Tabla 4.3.2.4.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, primer piso, Infectología

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| S1-SA | 10,20          | 33,46  | 50,20             | 54,7629                     | 4,7629                      | 56,20           | 1591,42 | 70,98            | 2009,98 | 1 1/2"           | 0,2635                | 0,1323                  | 54,6306                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 1 1/2"                    |
| SA-1A | 8,10           | 26,57  | 39,86             | 54,6306                     | 4,6306                      | 56,20           | 1591,42 | 70,98            | 2084,93 | 1 1/2"           | 0,2635                | 0,1050                  | 54,5256                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 1 1/2"                    |
| 1A-A  | 33,80          | 110,89 | 166,34            | 54,5256                     | 4,5256                      | 54,55           | 1544,70 | 68,90            | 2023,72 | 1 1/2"           | 0,2498                | 0,4155                  | 54,1101                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/2"           | 1 1/2"                    |
| A-B   | 5,20           | 17,06  | 25,59             | 54,1101                     | 4,1101                      | 0,60            | 16,99   | 0,76             | 22,26   | 3/4"             | 0,0024                | 0,0006                  | 54,1095                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-C   | 15,90          | 52,17  | 78,25             | 54,1095                     | 4,1095                      | 0,50            | 14,16   | 0,63             | 18,55   | 1/2"             | 0,0102                | 0,0080                  | 54,1015                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-F   | 5,80           | 19,03  | 28,54             | 54,1015                     | 4,1015                      | 0,30            | 8,50    | 0,38             | 11,13   | 1/2"             | 0,0047                | 0,0013                  | 54,1001                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-H   | 2,70           | 8,86   | 13,29             | 54,1001                     | 4,1001                      | 0,25            | 7,08    | 0,32             | 9,27    | 1/2"             | 0,0010                | 0,0001                  | 54,1000                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-I   | 5,60           | 18,37  | 27,56             | 54,1095                     | 4,1095                      | 0,10            | 2,83    | 0,13             | 3,71    | 1/2"             | 0,0010                | 0,0003                  | 54,1092                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-K   | 6,00           | 19,68  | 29,53             | 54,1092                     | 4,1092                      | 0,01            | 0,14    | 0,01             | 0,19    | 1/2"             | 0,0010                | 0,0003                  | 54,1089                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.5.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, primer piso, Infectología

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| C-D   | 1,30           | 4,27 | 6,40              | 54,1015                     | 4,1015                      | 0,05            | 1,416 | 0,06             | 1,79  | 1/2"             | 0,0010                | 0,0001                  | 54,1014                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-E   | 1,40           | 4,59 | 6,89              | 54,1015                     | 4,1015                      | 0,15            | 4,248 | 0,19             | 5,56  | 1/2"             | 0,0010                | 0,0001                  | 54,1014                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 1,20           | 3,94 | 5,91              | 54,1001                     | 4,1001                      | 0,05            | 1,416 | 0,06             | 1,855 | 1/2"             | 0,0010                | 0,0001                  | 54,1001                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-J   | 2,20           | 7,22 | 10,83             | 54,1092                     | 4,1092                      | 0,05            | 1,416 | 0,06             | 1,855 | 1/2"             | 0,0010                | 0,0001                  | 54,1091                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.6.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, primer piso, Infectología

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| E-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,1014                     | 4,1014                      | 1,65            | 46,72 | 2,08             | 59,01 | 1/2"             | 0,0727                | 0,0054                  | 54,0960                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,1014                     | 4,1014                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0105                | 0,0008                  | 54,1006                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,1001                     | 4,1001                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0105                | 0,0008                  | 54,0993                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,1000                     | 4,1000                      | 2,05            | 58,05 | 2,59             | 76,05 | 1/2"             | 0,1066                | 0,0079                  | 54,0921                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,1091                     | 4,1091                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0105                | 0,0008                  | 54,1083                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| K-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,1089                     | 4,1089                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0105                | 0,0008                  | 54,1081                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.7.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, primer piso, Infectología

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 1-a   | 0,70           | 2,30  | 3,44              | 54,0960                     | 4,0960                      | 1,50            | 42,48 | 1,89             | 53,65 | 1/2"             | 0,0619                | 0,0021                  | 54,0939                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 4,00           | 13,12 | 19,68             | 54,0939                     | 4,0939                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 37,10 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0061                  | 54,0878                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| b-c   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 54,0878                     | 4,0878                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0006                  | 54,0873                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-d   | 0,60           | 1,97  | 2,95              | 54,1006                     | 4,1006                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0003                  | 54,1003                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-e   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 54,0993                     | 4,0993                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0004                  | 54,0989                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4-f   | 0,60           | 1,97  | 2,95              | 54,0921                     | 4,0921                      | 2,05            | 58,05 | 2,59             | 76,05 | 1/2"             | 0,1066                | 0,0031                  | 54,0890                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| f-g   | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 54,0890                     | 4,0890                      | 2,00            | 56,63 | 2,53             | 74,20 | 1/2"             | 0,1023                | 0,0106                  | 54,0784                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| g-h   | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 54,0784                     | 4,0784                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 37,10 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0047                  | 54,0737                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 5-i   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 54,1083                     | 4,1083                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0004                  | 54,1079                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 6-j   | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 54,1081                     | 4,1081                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0016                  | 54,1066                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.8.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, segundo piso, Neonatología

| Tramo   | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|---------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|         | m              | pie   |                   |                             |                             | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| A-1A'   | 12,70          | 41,67 | 62,50             | 54,1101                     | 4,1101                      | 53,95           | 1527,71 | 68,14            | 1929,51 | 1 1/2"           | 0,2448                | 0,1530                  | 53,9571                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| 1A'-2A' | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 53,9571                     | 3,9571                      | 53,95           | 1527,71 | 68,14            | 2001,46 | 1 1/2"           | 0,2448                | 0,0361                  | 53,9209                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| 2A'-A   | 13,20          | 43,31 | 64,96             | 53,9209                     | 3,9209                      | 41,00           | 1161,00 | 51,78            | 1521,04 | 1 1/2"           | 0,1499                | 0,0974                  | 53,8236                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| A-B     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 53,8236                     | 3,8236                      | 34,00           | 962,78  | 42,94            | 1261,35 | 1 1/2"           | 0,1076                | 0,0042                  | 53,8193                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| B-C     | 3,40           | 11,15 | 16,73             | 53,8193                     | 3,8193                      | 27,00           | 764,56  | 34,10            | 1001,66 | 1 1/2"           | 0,0715                | 0,0120                  | 53,8074                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| C-D     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 53,8074                     | 3,8074                      | 20,00           | 566,34  | 25,26            | 741,97  | 1 1/2"           | 0,0417                | 0,0016                  | 53,8057                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| D-E     | 3,90           | 12,80 | 19,19             | 53,8057                     | 3,8057                      | 13,00           | 368,12  | 16,42            | 482,28  | 1 1/4"           | 0,0446                | 0,0086                  | 53,7972                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| E-F     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 53,7972                     | 3,7972                      | 9,50            | 269,01  | 12,00            | 352,44  | 1 1/4"           | 0,0258                | 0,0010                  | 53,7961                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| F-G     | 3,60           | 11,81 | 17,72             | 53,7961                     | 3,7961                      | 6,00            | 169,90  | 7,58             | 222,59  | 1"               | 0,0337                | 0,0060                  | 53,7902                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| G-H     | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 53,7902                     | 3,7902                      | 4,50            | 127,43  | 5,68             | 166,94  | 3/4"             | 0,0989                | 0,0102                  | 53,7800                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| H-I     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 53,7800                     | 3,7800                      | 3,00            | 84,95   | 3,79             | 111,30  | 3/4"             | 0,0397                | 0,0016                  | 53,7784                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| I-J     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 53,7784                     | 3,7784                      | 1,50            | 42,46   | 1,89             | 55,65   | 3/4"             | 0,0124                | 0,0005                  | 53,7779                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.3.2.9.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, segundo piso, Neonatología

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| A-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,8236                     | 3,8236                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 3/4"             | 0,1745                | 0,0129                  | 53,8107                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,8193                     | 3,8193                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 259,69 | 3/4"             | 0,1745                | 0,0129                  | 53,8064                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,8074                     | 3,8074                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 259,69 | 3/4"             | 0,1745                | 0,0129                  | 53,7945                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,8057                     | 3,8074                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 259,69 | 3/4"             | 0,1745                | 0,0129                  | 53,7928                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,7972                     | 3,7972                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 129,84 | 3/4"             | 0,0518                | 0,0038                  | 53,7933                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,7961                     | 3,7961                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 129,84 | 3/4"             | 0,0518                | 0,0038                  | 53,7923                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,7902                     | 3,7902                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 74,20  | 3/4"             | 0,0199                | 0,0015                  | 53,7887                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,7800                     | 3,7800                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 74,20  | 3/4"             | 0,0199                | 0,0015                  | 53,7785                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,7784                     | 3,7784                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 74,20  | 3/4"             | 0,0199                | 0,0015                  | 53,7769                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-10  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,7779                     | 3,7779                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 74,20  | 3/4"             | 0,0199                | 0,0015                  | 53,7764                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.10.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, tercer piso, Medicina 3

| Tramo   | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|---------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|         | m              | pie   |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 2A'-3A' | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 53,9209                     | 3,9209                      | 1,70            | 48,14 | 2,15             | 60,80 | 3/4"             | 0,0153                | 0,0023                  | 53,9187                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3A'-A   | 17,50          | 57,41 | 86,12             | 53,9187                     | 3,9187                      | 1,45            | 41,06 | 1,83             | 53,79 | 3/4"             | 0,0117                | 0,0101                  | 53,9086                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B     | 3,40           | 11,15 | 16,73             | 53,9086                     | 3,9086                      | 1,35            | 38,23 | 1,71             | 50,08 | 3/4"             | 0,0103                | 0,0017                  | 53,9069                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-C     | 7,30           | 23,95 | 35,93             | 53,9069                     | 3,9069                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 37,10 | 3/4"             | 0,0061                | 0,0022                  | 53,9047                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.11.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, segundo piso, Medicina 3

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,9047                     | 3,9047                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,9024                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.12.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, segundo piso, Medicina 3

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,60           | 5,25  | 7,87              | 53,9024                     | 3,9024                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 53,9016                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 4,20           | 13,78 | 20,67             | 53,9016                     | 3,9016                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0021                  | 53,8995                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.13.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, cuarto piso, Cirugía 3

| Tramo   | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal Probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|---------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|         | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 3A'-4A' | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 53,9187                     | 3,9187                      | 0,25            | 7,08  | 0,32             | 8,94  | 3/4"             | 0,0010                | 0,0001                  | 53,9185                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4A'-A   | 6,90           | 22,64 | 33,96             | 53,9185                     | 3,9185                      | 0,25            | 7,08  | 0,32             | 9,27  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0014                  | 53,9172                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B     | 6,80           | 22,31 | 33,46             | 53,9172                     | 3,9172                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,71  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0013                  | 53,9158                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-C     | 6,20           | 20,34 | 30,51             | 53,9158                     | 3,9158                      | 0,15            | 4,25  | 0,19             | 5,56  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0012                  | 53,9146                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D     | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 53,9146                     | 3,9146                      | 0,10            | 2,82  | 0,13             | 3,71  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0004                  | 53,9142                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.14.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, cuarto piso, Cirugía 3

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,9158                     | 3,9158                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,9135                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,9142                     | 3,9142                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,9119                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.15.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, cuarto piso, Cirugía 3

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1-a   | 2,00           | 6,56 | 9,84              | 53,9135                     | 3,9135                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0031                  | 53,9105                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-b   | 1,10           | 3,61 | 5,41              | 53,9119                     | 3,9119                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 37,10 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0017                  | 53,9102                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.16.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, segundo piso, Medicina 5

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1A-2A | 3,90           | 12,80 | 19,19             | 54,5256                     | 4,5256                      | 1,65            | 46,72 | 2,08             | 59,01 | 1/2"             | 0,0727                | 0,0140                  | 54,5116                    | Diámetro correcto | 1"-1/2"              | 1/2"                      |
| 2A-A  | 6,60           | 21,65 | 32,48             | 54,5116                     | 4,5116                      | 0,30            | 8,50  | 0,38             | 11,13 | 1/2"             | 0,0047                | 0,0015                  | 54,5101                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 7,90           | 25,92 | 38,88             | 54,5101                     | 4,5101                      | 0,25            | 7,08  | 0,32             | 9,27  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0016                  | 54,5086                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-D   | 3,80           | 12,47 | 18,70             | 54,5086                     | 4,5086                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,42  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0007                  | 54,5078                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-F   | 2,80           | 9,19  | 13,78             | 54,5078                     | 4,5078                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,71  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0006                  | 54,5073                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 2,30           | 7,55  | 11,32             | 54,5073                     | 4,5073                      | 0,05            | 1,416 | 0,06             | 1,85  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0005                  | 54,5068                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-H   | 3,90           | 12,80 | 19,19             | 54,5068                     | 4,5068                      | 0,05            | 1,416 | 0,06             | 1,85  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0008                  | 54,5060                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.17.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, segundo piso, Medicina 5

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| A-I   | 1,90           | 6,23  | 9,35              | 54,5101                     | 4,5101                      | 0,05            | 1,416 | 0,06             | 1,79  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0004                  | 54,5097                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-C   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 54,5086                     | 4,5086                      | 0,05            | 1,416 | 0,06             | 1,85  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0004                  | 54,5081                    | Diámetro correcto | 3/4"-1/2"            | 1/2"                      |
| D-E   | 3,30           | 10,83 | 16,24             | 54,5078                     | 4,5078                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,71  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0006                  | 54,5072                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.18.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, segundo piso, Medicina 5

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| I-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,5097                     | 4,5097                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,5090                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,5081                     | 4,5081                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,5074                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,5072                     | 4,5072                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 54,5049                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,5068                     | 4,5068                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,5061                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,5060                     | 4,5060                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,5053                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.19.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, segundo piso, Medicina 5

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,90           | 6,23  | 9,35              | 54,5090                     | 4,5090                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0010                  | 54,5080                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-b   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 54,5074                     | 4,5074                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0011                  | 54,5063                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-c   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 54,5049                     | 4,5049                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0014                  | 54,5035                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4-d   | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 54,5061                     | 4,5061                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0016                  | 54,5045                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 5-e   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 54,5053                     | 4,5053                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0005                  | 54,5048                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.20.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 2A-3A | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 54,5116                     | 4,5116                      | 1,35            | 38,23 | 1,71             | 48,28 | 1/2"             | 0,4645                | 0,0686                  | 54,4431                    | Diámetro correcto | 1"-1/2"              | 1/2"                      |
| 3A-A  | 2,80           | 9,19  | 13,78             | 54,4431                     | 4,4431                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 37,10 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0043                  | 54,4388                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 11,90          | 39,04 | 58,56             | 54,4388                     | 4,4388                      | 0,15            | 4,25  | 0,19             | 5,56  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0023                  | 54,4364                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-D   | 7,50           | 24,61 | 36,91             | 54,4364                     | 4,4364                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,71  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0015                  | 54,4350                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-F   | 1,90           | 6,23  | 9,35              | 54,4350                     | 4,4350                      | 0,05            | 1,416 | 0,06             | 1,85  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0004                  | 54,4346                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-H   | 13,00          | 42,65 | 63,98             | 54,4388                     | 4,4388                      | 0,85            | 24,07 | 1,07             | 31,53 | 1/2"             | 0,0234                | 0,0150                  | 54,4238                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.21.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| B-C   | 0,60           | 1,97 | 2,95              | 54,4364                     | 4,4364                      | 0,05            | 1,416 | 0,06             | 1,79  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0001                  | 54,4363                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.22.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,4363                     | 4,4363                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,4356                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,4346                     | 4,4346                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,4338                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,4238                     | 4,4238                      | 2,00            | 56,63 | 2,53             | 71,53 | 1/2"             | 0,1023                | 0,0076                  | 54,4163                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.23.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,70           | 5,58 | 8,37              | 54,4356                     | 4,4356                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0009                  | 54,4347                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-b   | 1,20           | 3,94 | 5,91              | 54,4338                     | 4,4338                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,53 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0006                  | 54,4332                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4-d   | 2,00           | 6,56 | 9,84              | 54,4163                     | 4,4163                      | 2,00            | 56,63 | 2,53             | 71,53 | 1/2"             | 0,1023                | 0,0101                  | 54,4062                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.24.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, cuarto piso, Cirugía 2

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 3A-4A | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 54,4431                     | 4,4431                      | 0,35            | 9,91  | 0,44             | 12,52 | 1/2"             | 0,0060                | 0,0009                  | 54,4422                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4A-A  | 6,20           | 20,34 | 30,51             | 54,4422                     | 4,4422                      | 0,35            | 9,91  | 0,44             | 12,98 | 1/2"             | 0,0060                | 0,0018                  | 54,4403                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-C   | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 54,4403                     | 4,4403                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,42  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0006                  | 54,4397                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D   | 4,90           | 16,08 | 24,11             | 54,4397                     | 4,4397                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,71  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0010                  | 54,4388                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-E   | 3,40           | 11,15 | 16,73             | 54,4397                     | 4,4397                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,71  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0007                  | 54,4391                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |



**Tabla 4.3.2.25.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, cuarto piso, Cirugía 2

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| A-B   | 0,90           | 2,95 | 4,43              | 54,4403                     | 4,4403                      | 0,15            | 4,25  | 0,19             | 5,36  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0002                  | 54,4402                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-F   | 0,30           | 0,98 | 1,48              | 54,4391                     | 4,4391                      | 0,05            | 1,42  | 0,06             | 1,79  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0001                  | 54,4390                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-G   | 1,10           | 3,61 | 5,41              | 54,4391                     | 4,4391                      | 0,05            | 1,42  | 0,06             | 1,79  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0002                  | 54,4388                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.26.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, cuarto piso, Cirugía 2

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,4402                     | 4,4402                      | 1,50            | 42,48 | 1,89             | 53,65 | 1/2"             | 0,0618                | 0,0046                  | 54,4356                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,4388                     | 4,4388                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 54,4365                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,4388                     | 4,4388                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,4381                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,4390                     | 4,4390                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,4383                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.27.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, cuarto piso, Cirugía 2

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 54,4356                     | 4,4356                      | 1,50            | 42,48 | 1,89             | 53,65 | 1/2"             | 0,0619                | 0,0030                  | 54,4326                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 54,4326                     | 4,4326                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 37,10 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0015                  | 54,4310                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| b-c   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 54,4310                     | 4,4310                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0005                  | 54,4305                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-d   | 1,30           | 4,27 | 6,40              | 54,4365                     | 4,4365                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0020                  | 54,4345                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-e   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 54,4381                     | 4,4381                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 18,55 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0005                  | 54,4376                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4-f   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 54,4383                     | 4,4383                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0005                  | 54,4377                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.28.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, segundo piso, Medicina 4

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| S2-S3 | 0,80           | 2,62   | 3,94              | 54,7046                     | 4,7046                      | 88,10           | 2494,74 | 111,27           | 3150,87 | 1 1/2"           | 0,5907                | 0,0233                  | 54,6813                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| S3-SB | 37,30          | 122,37 | 183,56            | 54,6813                     | 4,6813                      | 78,00           | 2208,73 | 98,51            | 2893,68 | 1 1/2"           | 0,4744                | 0,8708                  | 53,8105                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| SB-2B | 6,00           | 19,68  | 29,53             | 53,8105                     | 3,8105                      | 78,00           | 2208,73 | 98,51            | 2893,68 | 1 1/2"           | 0,4744                | 0,1401                  | 53,6704                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| 2B-A  | 11,30          | 37,07  | 55,61             | 53,6704                     | 3,6704                      | 0,20            | 5,66    | 0,25             | 7,42    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0022                  | 53,6682                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 20,00          | 65,62  | 98,42             | 53,6682                     | 3,6682                      | 0,10            | 2,83    | 0,13             | 3,71    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0039                  | 53,6643                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-C   | 3,30           | 10,83  | 16,24             | 53,6682                     | 3,6682                      | 0,10            | 2,83    | 0,13             | 3,71    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0006                  | 53,6676                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D   | 0,60           | 1,97   | 2,95              | 53,6676                     | 3,6676                      | 0,05            | 1,42    | 0,06             | 1,85    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0001                  | 53,6674                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.29.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, segundo piso, Medicina 4

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,6643                     | 3,6643                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,6620                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,6676                     | 3,6676                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 53,6668                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,6674                     | 3,6674                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 53,6667                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.30.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, segundo piso, Medicina 4

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1-a   | 2,00           | 6,56 | 9,84              | 53,6620                     | 3,6620                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0031                  | 53,6589                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.31.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Tercer piso, Medicina 1

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 2B-3B | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 53,6704                     | 3,6704                      | 77,80           | 2203,07 | 98,26            | 2782,49 | 1 1/2"           | 0,4722                | 0,0697                  | 53,6007                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| 3B-A  | 2,90           | 9,51  | 14,27             | 53,6007                     | 3,6007                      | 0,50            | 14,16   | 0,63             | 18,55   | 1/2"             | 0,0102                | 0,0015                  | 53,5993                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 10,00          | 32,81 | 49,21             | 53,5993                     | 3,5993                      | 0,15            | 4,25    | 0,19             | 5,56    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0020                  | 53,5973                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-D   | 12,10          | 39,70 | 59,55             | 53,5973                     | 3,5973                      | 0,10            | 2,83    | 0,13             | 3,71    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0024                  | 53,5949                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-E   | 11,83          | 38,81 | 58,22             | 53,5993                     | 3,5993                      | 0,35            | 9,91    | 0,44             | 12,98   | 1/2"             | 0,0060                | 0,0035                  | 53,5958                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-F   | 4,43           | 14,53 | 21,80             | 53,5958                     | 3,5958                      | 0,25            | 7,08    | 0,32             | 9,27    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0009                  | 53,5949                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 4,83           | 15,85 | 23,77             | 53,5949                     | 3,5949                      | 0,10            | 2,83    | 0,13             | 3,71    | 1/2"             | 0,0040                | 0,0010                  | 53,5939                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.32.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Tercer piso, Medicina 1

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| B-C   | 1,40           | 4,59 | 6,89              | 53,5973                     | 3,5973                      | 0,05            | 1,42  | 0,06             | 1,79  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5970                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.33.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Tercer piso, Medicina 1

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5970                     | 3,5970                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 53,5963                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5949                     | 3,5949                      | 1,50            | 42,48 | 1,89             | 53,65 | 1/2"             | 0,0618                | 0,0046                  | 53,5903                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5939                     | 3,5939                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,5917                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.34.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Tercer piso, Medicina 1

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   |                   |                             |                             | pie             | psi   | psi              | SCFM  |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 1-a   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 53,5963                     | 3,5963                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0005                  | 53,5958                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-b   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 53,5903                     | 3,5903                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 37,10 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0034                  | 53,5870                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| b-c   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 53,5870                     | 3,5870                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0005                  | 53,5865                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-d   | 3,30           | 10,83 | 16,24             | 53,5917                     | 3,5917                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0050                  | 53,5866                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.35.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   |                   |                             |                             | pie             | psi     | psi              | SCFM    |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 3B-4B | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 53,6007                     | 3,6007                      | 73,30           | 2075,64 | 92,58            | 2621,55 | 1 1/2"           | 0,4243                | 0,0626                  | 53,5381                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| 4B-A  | 13,70          | 44,95 | 67,42             | 53,5381                     | 3,5381                      | 42,30           | 1197,81 | 53,43            | 1569,26 | 1 1/2"           | 0,1585                | 0,1069                  | 53,4312                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| A-B   | 5,50           | 18,04 | 27,07             | 53,4312                     | 3,4312                      | 31,80           | 900,48  | 40,16            | 1179,73 | 1 1/2"           | 0,0956                | 0,0259                  | 53,4053                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| B-C   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 53,4053                     | 3,4053                      | 21,30           | 603,15  | 26,90            | 790,20  | 1"               | 0,3141                | 0,0124                  | 53,3930                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| C-D   | 4,50           | 14,76 | 22,15             | 53,3930                     | 3,3930                      | 10,80           | 305,82  | 13,64            | 400,66  | 1"               | 0,0943                | 0,0209                  | 53,3721                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| 4B-E  | 18,60          | 61,02 | 91,54             | 53,5381                     | 3,5381                      | 35,00           | 991,10  | 44,21            | 1298,45 | 1 1/2"           | 0,1133                | 0,1037                  | 53,4344                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| E-F   | 0,40           | 1,31  | 1,97              | 53,4344                     | 3,4344                      | 17,50           | 495,55  | 22,10            | 649,22  | 1"               | 0,2210                | 0,0044                  | 53,4300                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| F-H   | 4,50           | 14,76 | 22,15             | 53,4300                     | 3,4300                      | 10,50           | 297,33  | 13,26            | 389,53  | 1"               | 0,0897                | 0,0199                  | 53,4102                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| E-I   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 53,4344                     | 3,4344                      | 17,50           | 495,55  | 22,10            | 649,22  | 1"               | 0,2210                | 0,0218                  | 53,4126                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| I-K   | 8,80           | 28,87 | 43,31             | 53,4126                     | 3,4126                      | 7,00            | 198,22  | 8,84             | 259,69  | 1"               | 0,0441                | 0,0191                  | 53,3935                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |

**Tabla 4.3.2.36.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| F-G   | 1,90           | 6,23 | 9,35              | 53,4300                     | 3,4300                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 3/4"             | 0,1745                | 0,0163                  | 53,4137                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| I-J   | 1,90           | 6,23 | 9,35              | 53,4126                     | 3,4126                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0334                  | 53,3792                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.3.2.37.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| A-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4312                     | 3,4312                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0263                  | 53,4049                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| B-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4053                     | 3,4053                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0263                  | 53,3790                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| C-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,3930                     | 3,3930                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0263                  | 53,3666                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| D-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,3721                     | 3,3721                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0263                  | 53,3457                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| G-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4137                     | 3,4137                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,0672                  | 53,3465                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4102                     | 3,4102                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0263                  | 53,3838                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| J-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,3792                     | 3,3792                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0263                  | 53,3529                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| K-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,3935                     | 3,3935                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,0672                  | 53,3263                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.238.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 53,4049                     | 3,4049                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0186                  | 53,3863                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 1-b   | 0,70           | 2,30  | 3,44              | 53,4049                     | 3,4049                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 259,69 | 1/2"             | 0,9102                | 0,0314                  | 53,3735                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| b-c   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 53,3735                     | 3,3735                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0186                  | 53,3549                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-d   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 53,3790                     | 3,3790                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0186                  | 53,3604                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-e   | 0,70           | 2,30  | 3,44              | 53,3790                     | 3,3790                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,0314                  | 53,3476                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| e-f   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 53,3476                     | 3,3476                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 129,84 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0186                  | 53,3290                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-g   | 1,90           | 6,23  | 9,35              | 53,3666                     | 3,3666                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0252                  | 53,3414                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-h   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 53,3666                     | 3,3666                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,0403                  | 53,3263                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| h-i   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 53,3263                     | 3,3263                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0186                  | 53,3077                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4-j   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 53,3457                     | 3,3457                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 129,84 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0133                  | 53,3325                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4-k   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 53,3457                     | 3,3457                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,0403                  | 53,3054                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| k-l   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 53,3054                     | 3,3054                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0133                  | 53,2922                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 5-m   | 3,15           | 10,33 | 15,50             | 53,3465                     | 3,3465                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,1411                  | 53,2054                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| m-n   | 2,35           | 7,71  | 11,56             | 53,2054                     | 3,2054                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0312                  | 53,1742                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 6-o   | 1,60           | 5,25  | 7,87              | 53,3838                     | 3,3838                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0281                  | 53,3557                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| o-p   | 2,75           | 9,02  | 13,53             | 53,3557                     | 3,3557                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,1232                  | 53,2325                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| p-q   | 2,35           | 7,71  | 11,56             | 53,2325                     | 3,2325                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0312                  | 53,2013                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 7-r   | 3,15           | 10,33 | 15,50             | 53,3529                     | 3,3529                      | 10,50           | 297,33 | 13,26            | 375,53 | 3/4"             | 0,3569                | 0,0553                  | 53,2976                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| r-s   | 2,35           | 7,71  | 11,56             | 53,2976                     | 3,2976                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,1053                  | 53,1923                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| s-t   | 2,35           | 7,71  | 11,56             | 53,1923                     | 3,1923                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0312                  | 53,1611                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 8-u   | 0,70           | 2,30  | 3,44              | 53,3263                     | 3,3263                      | 7,00            | 198,22 | 8,84             | 250,35 | 1/2"             | 0,9102                | 0,0314                  | 53,2950                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| u-v   | 2,70           | 8,86  | 13,29             | 53,2950                     | 3,2950                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 125,18 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0358                  | 53,2591                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.39.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| S3-SC | 32,70          | 107,28 | 160,92            | 54,6813                     | 4,6813                      | 10,10           | 286,00 | 12,76            | 361,22 | 3/4"             | 0,3323                | 0,5348                  | 54,1466                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| SC-A  | 8,10           | 26,57  | 39,86             | 54,1466                     | 4,1466                      | 0,45            | 12,74  | 0,57             | 16,69  | 1/2"             | 0,0089                | 0,0035                  | 54,1430                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-C   | 4,90           | 16,08  | 24,11             | 54,1430                     | 4,1430                      | 0,35            | 9,91   | 0,44             | 12,98  | 1/2"             | 0,0060                | 0,0014                  | 54,1416                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D   | 19,50          | 63,98  | 95,96             | 54,1416                     | 4,1416                      | 0,10            | 2,83   | 0,13             | 3,71   | 1/2"             | 0,0040                | 0,0038                  | 54,1377                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-E   | 2,20           | 7,22   | 10,83             | 54,1416                     | 4,1416                      | 0,25            | 7,08   | 0,32             | 9,27   | 1/2"             | 0,0040                | 0,0004                  | 54,1412                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.40.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| A-B   | 4,10           | 13,45 | 20,18             | 54,1430                     | 4,1430                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0008                  | 54,1422                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.3.2.41.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de Diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,1422                     | 4,1422                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 54,1399                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,1377                     | 4,1377                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 54,1355                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,1412                     | 4,1412                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,1404                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.42.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Sótano, Rayos X, Catecismo y Ultrasonido

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,20           | 3,94 | 5,91              | 54,1399                     | 4,1399                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0018                  | 54,1381                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-b   | 1,40           | 4,59 | 6,89              | 54,1355                     | 4,1355                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 37,10 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0021                  | 54,1333                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-c   | 2,00           | 6,56 | 9,84              | 54,1404                     | 4,1404                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0010                  | 54,1394                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.43.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Primer piso, Nebulizaciones

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    |                   |                             |                             | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| SC-1C | 3,90           | 12,80  | 19,19             | 54,1466                     | 4,1466                      | 9,65            | 273,26 | 12,19            | 345,13 | 3/4"             | 0,0390                | 0,0075                  | 54,1391                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 1C-A  | 39,90          | 130,91 | 196,36            | 54,1391                     | 4,1391                      | 4,00            | 113,27 | 5,05             | 148,39 | 1/2"             | 0,3403                | 0,6682                  | 53,4709                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 1,20           | 3,94   | 5,91              | 53,4709                     | 3,4709                      | 3,50            | 99,11  | 4,42             | 129,84 | 1/2"             | 0,2698                | 0,0159                  | 53,4550                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-C   | 1,80           | 5,91   | 8,86              | 53,4550                     | 3,4550                      | 3,00            | 84,95  | 3,79             | 111,30 | 1/2"             | 0,2069                | 0,0183                  | 53,4366                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D   | 0,90           | 2,95   | 4,43              | 53,4366                     | 3,4366                      | 2,50            | 70,79  | 3,16             | 92,75  | 1/2"             | 0,1494                | 0,0066                  | 53,4300                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-E   | 2,00           | 6,56   | 9,84              | 53,4300                     | 3,4300                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 74,20  | 1/2"             | 0,1023                | 0,0101                  | 53,4199                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-F   | 0,90           | 2,95   | 4,43              | 53,4199                     | 3,4199                      | 1,50            | 42,48  | 1,89             | 55,65  | 1/2"             | 0,0619                | 0,0027                  | 53,4172                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 0,90           | 2,95   | 4,43              | 53,4172                     | 3,4172                      | 1,00            | 28,32  | 1,26             | 37,10  | 1/2"             | 0,0310                | 0,0014                  | 53,4158                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-H   | 0,90           | 2,95   | 4,43              | 53,4158                     | 3,4158                      | 0,50            | 14,16  | 0,63             | 18,55  | 1/2"             | 0,0102                | 0,0005                  | 53,4154                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.44.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Primer piso, Nebulizaciones

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| A-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4709                     | 3,4709                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,4686                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4550                     | 3,4550                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,4527                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4366                     | 3,4366                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,4343                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4300                     | 3,4300                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,4277                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4199                     | 3,4199                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,4177                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4172                     | 3,4172                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,4149                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4158                     | 3,4158                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,4135                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4154                     | 3,4154                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,4131                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |



**Tabla 4.3.2.45.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Tercer piso, Transplantes

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1C-2C | 3,00           | 9,84   | 14,76             | 54,1391                     | 4,1391                      | 5,65            | 159,99 | 7,14             | 202,07 | 3/4"             | 0,1204                | 0,0178                  | 54,1213                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2C-3C | 3,00           | 9,84   | 14,76             | 54,1213                     | 4,1213                      | 5,60            | 158,58 | 7,07             | 207,75 | 1/2"             | 0,6126                | 0,0904                  | 54,0309                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3C-A  | 2,10           | 6,89   | 10,33             | 54,0309                     | 4,0309                      | 1,10            | 31,15  | 1,39             | 40,81  | 1/2"             | 0,0362                | 0,0037                  | 54,0271                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 31,70          | 104,00 | 156,00            | 54,0271                     | 4,0271                      | 0,10            | 2,83   | 0,13             | 3,71   | 1/2"             | 0,0040                | 0,0062                  | 54,0209                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.46.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Tercer piso, Transplantes

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,0209                     | 4,0209                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 54,0186                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.47.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Tercer piso, Transplantes

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1-a   | 2,20           | 7,22 | 10,83             | 54,0186                     | 4,0186                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 0,031            | 0,0310                | 0,0034                  | 54,0152                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.48.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Cuarto piso, Salas de operación y Recuperación

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 3C-4C | 5,10           | 16,73 | 25,10             | 54,0309                     | 4,0309                      | 4,50            | 127,43 | 5,68             | 160,94 | 1/2"             | 0,4170                | 0,1047                  | 53,9262                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4C-A  | 15,75          | 51,67 | 77,51             | 53,9262                     | 3,9262                      | 4,50            | 127,43 | 5,68             | 166,94 | 1/2"             | 0,4170                | 0,3232                  | 53,6030                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 2,90           | 9,51  | 14,27             | 53,6030                     | 3,6030                      | 3,70            | 104,77 | 4,67             | 137,26 | 1/2"             | 0,2973                | 0,0424                  | 53,5606                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-C   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 53,5606                     | 3,5606                      | 2,10            | 59,47  | 2,65             | 77,91  | 1/2"             | 0,1109                | 0,0065                  | 53,5540                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-E   | 9,20           | 30,18 | 45,28             | 53,5540                     | 3,5540                      | 2,00            | 56,63  | 2,53             | 74,20  | 1/2"             | 0,1023                | 0,0463                  | 53,5077                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-J   | 7,20           | 23,62 | 35,43             | 53,5077                     | 3,5077                      | 1,60            | 45,31  | 2,02             | 59,36  | 1/2"             | 0,0693                | 0,0246                  | 53,4831                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-M   | 11,10          | 36,42 | 54,63             | 53,4831                     | 3,4831                      | 1,00            | 28,32  | 1,26             | 37,10  | 1/2"             | 0,0310                | 0,0169                  | 53,4662                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-N   | 6,50           | 21,33 | 31,99             | 53,5606                     | 3,5606                      | 1,60            | 45,31  | 2,02             | 59,36  | 1/2"             | 0,0693                | 0,0222                  | 53,5384                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| N-S   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 53,5384                     | 3,5384                      | 1,20            | 33,98  | 1,52             | 44,52  | 1/2"             | 0,0425                | 0,0031                  | 53,5353                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| S-AC  | 7,30           | 23,95 | 35,93             | 53,5353                     | 3,5353                      | 0,40            | 11,33  | 0,51             | 14,84  | 1/2"             | 0,0076                | 0,0027                  | 53,5325                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AC-AD | 5,50           | 18,04 | 27,07             | 53,5325                     | 3,5325                      | 0,10            | 2,83   | 0,13             | 3,71   | 1/2"             | 0,0040                | 0,0011                  | 53,5315                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AC-AE | 6,90           | 22,64 | 33,96             | 53,5325                     | 3,5325                      | 0,30            | 8,50   | 0,38             | 11,13  | 1/2"             | 0,0047                | 0,0016                  | 53,5309                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AE-AF | 2,90           | 9,51  | 14,27             | 53,5309                     | 3,5309                      | 0,20            | 5,66   | 0,25             | 7,42   | 1/2"             | 0,0040                | 0,0006                  | 53,5304                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-AG  | 2,90           | 9,51  | 14,27             | 53,6030                     | 3,6030                      | 0,80            | 22,65  | 1,01             | 29,68  | 1/2"             | 0,0214                | 0,0031                  | 53,5999                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AG-AK | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 53,5999                     | 3,5999                      | 0,40            | 11,33  | 0,51             | 14,84  | 1/2"             | 0,0076                | 0,0012                  | 53,5988                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AK-AL | 6,90           | 22,64 | 33,96             | 53,5988                     | 3,5988                      | 0,20            | 5,66   | 0,25             | 7,42   | 1/2"             | 0,0040                | 0,0014                  | 53,5974                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AL-AN | 8,20           | 26,90 | 40,35             | 53,5974                     | 3,5974                      | 0,10            | 2,83   | 0,13             | 3,71   | 1/2"             | 0,0040                | 0,0016                  | 53,5958                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AK-AO | 3,70           | 12,14 | 18,21             | 53,5988                     | 3,5988                      | 0,20            | 5,66   | 0,25             | 7,42   | 1/2"             | 0,0040                | 0,0007                  | 53,5981                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AO-AQ | 9,10           | 29,86 | 44,78             | 53,5981                     | 3,5981                      | 0,10            | 2,83   | 0,13             | 3,71   | 1/2"             | 0,0040                | 0,0018                  | 53,5963                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.49.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Cuarto Piso, Salas de operación y Recuperación

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| C-D   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 53,5540                     | 3,5540                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0002                  | 53,5538                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-F   | 5,70           | 18,70 | 28,05             | 53,5077                     | 3,5077                      | 0,40            | 11,33 | 0,51             | 14,31 | 1/2"             | 0,0076                | 0,0021                  | 53,5056                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 53,5056                     | 3,5056                      | 0,30            | 8,50  | 0,38             | 10,73 | 1/2"             | 0,0047                | 0,0003                  | 53,5052                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-H   | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 53,5052                     | 3,5052                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0006                  | 53,5047                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-I   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 53,5056                     | 3,5056                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0002                  | 53,5054                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-K   | 5,70           | 18,70 | 28,05             | 53,4831                     | 3,4831                      | 0,60            | 16,99 | 0,76             | 21,46 | 1/2"             | 0,0136                | 0,0038                  | 53,4793                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| K-L   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 53,4793                     | 3,4793                      | 0,25            | 7,08  | 0,32             | 8,94  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0002                  | 53,4791                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| N-O   | 6,10           | 20,01 | 30,02             | 53,5384                     | 3,5384                      | 0,40            | 11,33 | 0,51             | 14,31 | 1/2"             | 0,0076                | 0,0023                  | 53,5361                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| O-P   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 53,5361                     | 3,5361                      | 0,30            | 8,50  | 0,38             | 10,73 | 1/2"             | 0,0047                | 0,0003                  | 53,5359                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| P-Q   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 53,5359                     | 3,5359                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0002                  | 53,5356                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| O-R   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 53,5361                     | 3,5361                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0001                  | 53,5360                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| S-T   | 3,90           | 12,80 | 19,19             | 53,5353                     | 3,5353                      | 0,80            | 22,65 | 1,01             | 28,61 | 1/2"             | 0,0214                | 0,0041                  | 53,5312                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| T-U   | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 53,5312                     | 3,5312                      | 0,30            | 8,50  | 0,38             | 10,73 | 1/2"             | 0,0047                | 0,0005                  | 53,5307                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| U-V   | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 53,5307                     | 3,5307                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0004                  | 53,5303                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| T-X   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 53,5312                     | 3,5312                      | 0,30            | 8,50  | 0,38             | 10,73 | 1/2"             | 0,0047                | 0,0003                  | 53,5309                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| X-Y   | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 53,5309                     | 3,5309                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0004                  | 53,5305                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| T-Z   | 3,90           | 12,80 | 19,19             | 53,5312                     | 3,5312                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0008                  | 53,5304                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Z-AA  | 6,30           | 20,67 | 31,00             | 53,5304                     | 3,5304                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0012                  | 53,5291                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Z-AB  | 5,60           | 18,37 | 27,56             | 53,5304                     | 3,5304                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0011                  | 53,5293                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AG-AH | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 53,5999                     | 3,5999                      | 0,30            | 8,50  | 0,38             | 10,73 | 1/2"             | 0,0047                | 0,0001                  | 53,5998                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AH-AI | 2,40           | 7,87  | 11,81             | 53,5998                     | 3,5998                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0005                  | 53,5994                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AG-AJ | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 53,5999                     | 3,5999                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0001                  | 53,5998                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AL-AM | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 53,5974                     | 3,5974                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0002                  | 53,5973                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AO-AP | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 53,5981                     | 3,5981                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0002                  | 53,5979                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.50.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Cuarto piso, Salas de operación y Recuperación

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| D-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5538                     | 3,5538                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5535                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5052                     | 3,5052                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5050                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5047                     | 3,5047                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5044                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5054                     | 3,5054                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5051                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| K-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4793                     | 3,4793                      | 0,35            | 9,91  | 0,44             | 12,52 | 1/2"             | 0,0060                | 0,0004                  | 53,4789                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| L-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4791                     | 3,4791                      | 0,25            | 7,08  | 0,32             | 8,94  | 1/2"             | 0,0033                | 0,0002                  | 53,4789                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| M-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,4662                     | 3,4662                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 53,4639                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| R-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5360                     | 3,5360                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5357                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| P-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5359                     | 3,5359                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5356                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Q-10  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5356                     | 3,5356                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5354                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| U-11  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5307                     | 3,5307                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5304                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| V-12  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5303                     | 3,5303                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5300                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| X-13  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5309                     | 3,5309                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5306                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Y-14  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5305                     | 3,5305                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5303                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AB-15 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5293                     | 3,5293                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5290                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AA-16 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5291                     | 3,5291                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5289                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AE-17 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5309                     | 3,5309                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5306                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AF-18 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5304                     | 3,5304                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5301                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AD-19 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5315                     | 3,5315                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5312                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AJ-20 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5998                     | 3,5998                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5996                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AH-21 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5998                     | 3,5998                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5995                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AI-22 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5994                     | 3,5994                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5991                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AM-23 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5973                     | 3,5973                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5970                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AN-24 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5958                     | 3,5958                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5955                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AP-25 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5979                     | 3,5979                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5976                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AQ-26 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 53,5963                     | 3,5963                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,58  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0003                  | 53,5960                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.51.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Procedimientos y Toma de muestras, Tercer piso , Especialidades médicas

| Tramo   | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|---------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|         | m              | pie    |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| S0-SEM  | 86,92          | 285,17 | 427,75            | 55,0000                     | 5,0000                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,15  | 1"               | 0,0300                | 0,1283                  | 54,8717                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| SEM-3EM | 9,00           | 29,53  | 44,29             | 54,8717                     | 4,8717                      | 0,20            | 5,66  | 0,25             | 7,42  | 1"               | 0,0300                | 0,0133                  | 54,8584                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3EM-A   | 50,94          | 167,13 | 250,69            | 54,8584                     | 4,8584                      | 0,15            | 4,25  | 0,19             | 5,56  | 3/4"             | 0,0010                | 0,0025                  | 54,8559                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-C     | 5,55           | 18,21  | 27,31             | 54,8559                     | 4,8559                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,71  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0011                  | 54,8548                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.52.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Procedimientos y Toma de muestras, Tercer piso, Especialidades médicas

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| A-B   | 3,89           | 12,76 | 19,14             | 54,8559                     | 4,8559                      | 0,01            | 0,14  | 0,01             | 0,18  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0008                  | 54,8551                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.53.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Procedimientos y Toma de muestras, Tercer piso, Especialidades médicas

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,8551                     | 4,8551                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,8544                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| C-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,8548                     | 4,8548                      | 1,00            | 28,32 | 1,26             | 35,76 | 1/2"             | 0,0310                | 0,0023                  | 54,8525                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.54.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Procedimientos y Toma de muestras, Tercer piso, Especialidades médicas

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 2-a   | 1,18           | 3,87 | 5,81              | 54,8525                     | 4,8525                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0006                  | 54,8519                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.55.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Curaciones, Tratamiento microscópico, Cuarto piso, Especialidades médicas

| Tramo   | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|---------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|         | m              | pie    |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 3EM-4EM | 3,00           | 9,84   | 14,76             | 54,8584                     | 4,8584                      | 0,05            | 1,42  | 0,06             | 1,79  | 3/4"             | 0,0010                | 0,0001                  | 54,8582                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4EM-A   | 38,91          | 127,66 | 191,49            | 54,8582                     | 4,8582                      | 0,05            | 1,42  | 0,06             | 1,85  | 1/2"             | 0,0040                | 0,0077                  | 54,8506                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.3.2.56.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Curaciones, Tratamiento microscópico, Cuarto piso, Especialidades médicas

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| A-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,8506                     | 4,8506                      | 0,50            | 14,16 | 0,63             | 17,88 | 1/2"             | 0,0102                | 0,0008                  | 54,8498                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

De los cálculos que se realizaron anteriormente, se puede evidenciar que hay varias tuberías, se deben de cambiar para conseguir una caída de presión mínima, y así evitar ausencia de aire y de presión en partes alejadas de la fuente de suministro del aire comprimido medicado.

### **4.3.3. Verificación de los secadores de aire comprimido**

La verificación de los secadores de aire comprimido se realiza con base en la información obtenida del fabricante, para esto se utilizó la tabla de datos del fabricante que el distribuidor del producto proporciona, el cual se puede ver en los anexos en la Figura A.4., en el cual se detalla el procedimiento para seleccionar adecuadamente el secador de aire.

En el hospital se cuenta con dos secadores marca Donaldson Ultrafilter Ver Figura A.5, modelo SD0175AP-NPT, con capacidad de 175 SCFM. A continuación se detalla el procedimiento a seguir para la verificación del secador de aire.

Para poder realizar adecuadamente la verificación de los secadores se deben conocer los siguientes datos:

- a. Flujo a ser tratado.
- b. Presión de trabajo.
- c. Punto de rocío.
- d. Temperatura ambiente.
- e. Temperatura de entrada del aire

Dado que el flujo de diseño es de 232,02 SCFM, para una presión de trabajo de 55 psig, con un punto de rocío menor a 39 °F (4 °C) (Según Tabla 4.3.1), a una temperatura ambiente de 24,9 °C (76,82 °F), y con una temperatura de entrada del aire de 29,44 °C (76,82 °F), se realiza el ajuste del flujo de la siguiente manera<sup>29</sup>:

$$\text{Capacidad ajustada} = \text{Flujo de diseño} \cdot f_{\text{Presión}} \cdot f_{\text{Punto de rocío}} \cdot f_{\text{Temp ambiente}} \cdot f_{\text{Temp entrada del aire}}$$

$$\text{Capacidad ajustada} = 232,02 \text{ SCFM} \cdot 0,75 \cdot 1,00 \cdot 1,10 \cdot 1,28$$

$$\text{Capacidad ajustada} = 245,01 \cdot \text{SCFM}$$

Del resultado anteriormente, se puede notar que el secador no está en capacidad de manejar la cantidad de aire a ser tratado.

---

<sup>29</sup> Los factores de corrección se obtuvieron de la Figura A.4. Ver página 242.



#### 4.3.4. Verificación de los ángulos de inclinación de las tuberías

Las cañerías de gas no podrán ser sostenidas por otras cañerías, sino por medio de ganchos, soportes metálicos bandas o colgantes adecuados para el tamaño del tubo, de resistencia y calidad correctas, a intervalos adecuados, de modos que las cañerías no puedan moverse accidentalmente desde la posición en que están instaladas.<sup>30</sup>

Del párrafo anterior citado, el sistema de tuberías de la red de aire medicado, se encuentran sujetadas con soportes metálicos,<sup>31</sup> que impiden obtener un ángulo de inclinación de por lo menos un 2% de la longitud total de la tubería. Por lo tanto estas tuberías no presentan ángulos de inclinación, para el correcto drenado del agua.



Figura 4.3.4.1. Soportes metálicos de las tuberías de gases médicos

<sup>30</sup> Tomado de la norma NFPA 99-C. 1987

<sup>31</sup> Ver Figura 4.3.4.1

#### 4.3.5. Verificación de la ubicación de las trampas

Según la norma NFPA 99, las trampas se deben de colocar en el depósito de aire, así como en el secador, estas trampas deben ser automáticas y no manuales. La configuración de la colocación de las trampas automáticas se puede ver en la figura siguiente.



Antes



Después

Figura 4.3.5.1 Cambio de válvulas de manual a automática.

Anteriormente el depósito de aire del banco de compresores, contaba con una válvula de bola para el drenado manual,<sup>32</sup> pero dada la situación en la cual se estaba dando la presencia de condensado en varios servicios del hospital, se recomendó urgentemente la colocación de una trampa automática en el depósito de aire para drenar el condensado de este depósito y así evitar la excesiva acumulación de condensado en el depósito de aire, también disminuir un poco la presencia de agua en la red de aire medicado.

En la red de tuberías de aire medicado no se tiene colocación de trampas de drenado, ya que la norma establece que no debe haber ningún tipo de condensado presente en la red, pero debido a la situación actual del sistema sería recomendable colocar trampas de condensado, al final de cada bajante, para evitar que el agua llegue al paciente o al equipo.

---

<sup>32</sup> Ver Figura 4.3.5.1

#### **4.4. Sistema de vacío médico**

Cuando se trata de imaginar el vacío, lo primero que viene a la mente son las regiones interestelares, en donde prácticamente no hay materia entre una galaxia y otra. Quizá se piensa así porque se tiene la idea de que en el vacío no existe nada, pero técnicamente se denomina vacío al lugar donde la presión que se mide es menor que la presión atmosférica normal. Hay diferentes clases de vacío: grueso o primario, medio, alto y ultra alto, y en cada caso, la presión es cada vez menor (o el vacío es cada vez más alto). Cada régimen de vacío tiene un comportamiento diferente, y sobre todo, un cierto tipo de aplicaciones, que son las que hacen del vacío algo tan importante.

Existe gran variedad de usos del vacío que son de importancia para muchas industrias y desarrollos tecnológicos, para la ciencia y para la vida diaria. El vacío se aprovecha en diversas industrias, que van desde la alimenticia hasta la automovilística, la aviación, la obtención de medicamentos, entre otras. Se puede decir que el área de influencia del vacío afecta a la mayoría de las industrias, lo cual le da un lugar preeminente en el desarrollo tecnológico de un país.

Hoy día no se podría imaginar un mercado sin productos enlatados, una casa sin focos, o la vida sin la radio o la televisión. ¿Dónde quedaría el avance médico sin el equipo de esterilización?, éstos y muchos otros productos requieren el uso del vacío en su proceso de fabricación.

Los filósofos griegos consideraban que el vacío significaba falta de contenido y esto fue un obstáculo para el entendimiento de los principios tecnológicos básicos de éste.

Fue hasta mediados del siglo XVII cuando el italiano Gasparo Berti realizó el primer experimento con el vacío (1640). Motivado por un interés en diseñar un experimento para el estudio de los sifones, Berti pretendía aclarar el fenómeno como una manifestación de diferencia de presión de aire en la atmósfera. Creó lo que constituye, primordialmente, un barómetro de agua, el cual resultó capaz de producir vacío (Figura 4.4.1).

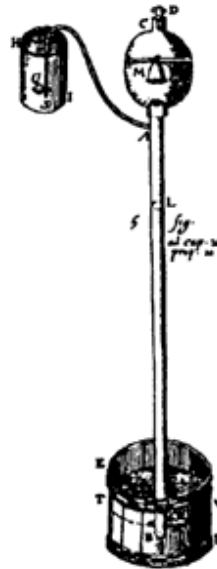


Figura 4.4.1. Equipo que utilizó Berti para producir por primera vez vacío, alrededor de 1640.

Al analizar el informe experimental de Berti, Evangelista Torricelli captó con claridad el concepto de presión de aire, por lo que diseñó, en 1644, un dispositivo para demostrar los cambios de presión en el aire. Construyó un barómetro que en lugar de agua empleaba mercurio, y de esta manera, sin proponérselo, comprobó la existencia del vacío (Figura 4.4.2).

El barómetro de Torricelli constaba de un recipiente y un tubo lleno de mercurio (Hg) cerrado en uno de sus extremos. Al invertir el tubo dentro del recipiente se formaba vacío en la parte superior del tubo. Esto era algo difícil de entender en su época, por lo que se intentó explicarlo diciendo que esa región del tubo contenía vapor de mercurio, argumento poco aceptable ya que el nivel de mercurio en el tubo era independiente del volumen de éste utilizado en el experimento.

La aceptación del concepto de vacío se dio cuando en 1648, Blas Pascal, cuñado de Torricelli, subió un barómetro con 4 kg de mercurio a una montaña a 1 000 m sobre el nivel del mar. Sorprendentemente, cuando el barómetro estaba en la cima, el nivel de la columna de Hg en el tubo era mucho menor que al pie de la montaña.

Analizando lo sucedido. Torricelli aseguraba la existencia de la presión de aire y decía que debido a ella el nivel de Hg en el recipiente no descendía, lo cual hacía que el tamaño de la columna de mercurio permaneciera constante dentro del tubo. Así pues, al disminuir la presión del aire en la cima de la montaña, el nivel de Hg en el recipiente subió y en la columna dentro del tubo bajó inmediatamente (se vació de manera parcial) (Figura 1.2).



Figura 4.4.2. Barómetro construido por Torricelli en 1644.

El paso final que dio Torricelli fue la construcción de un barómetro de mercurio que contenía en la parte vacía del tubo, otro barómetro para medir la presión de aire en esa región. Se hicieron muchas mediciones y el resultado fue que no había una columna de Hg en el tubo del barómetro pequeño porque no se tenía presión de aire.

Esto aclaró que no existía vapor de mercurio en la parte vacía del tubo. Así, se puso en evidencia la presión del aire y, lo más importante, la producción y existencia del vacío.

Se sabe que la presión atmosférica es la que ejerce la atmósfera o aire sobre la Tierra. A temperatura ambiente y presión atmosférica normal, un metro cúbico de aire contiene aproximadamente  $2 \times 10^{25}$  moléculas en movimiento ( $2 \times 10^{25}$  es igual a 2 con 25 ceros) a una velocidad promedio de 1 600 kilómetros por hora.

Una manera de medir la presión atmosférica es con un barómetro de mercurio, su valor se expresa en términos de la altura de la columna de mercurio de sección transversal unitaria y 760 mm de alto. Con base en esto se dice que una atmósfera (atm) estándar es igual a 760 mmHg (milímetros de mercurio). Se utilizará por conveniencia la unidad Torricelli (torr) como medida de presión; 1 torr = 1 mmHg, por lo que 1 atm = 760 torr; por lo tanto 1 torr = 1/760 de una atmósfera estándar, o sea 1 torr =  $1.136 \times 10^{-3}$  atm ( $1 \times 10^{-3}$  es igual a 0.001 o igual a un milésimo).

El aire está compuesto por varios gases, los más importantes son el nitrógeno ( $N_2$ ) y el oxígeno ( $O_2$ ), pero también contiene en menores concentraciones: bióxido de carbono ( $CO_2$ ), argón (Ar), neón (Ne), helio (He), criptón (Kr), xenón (Xe), hidrógeno ( $H_2$ ), metano ( $CH_4$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ) y vapor de agua ( $H_2O$ ).

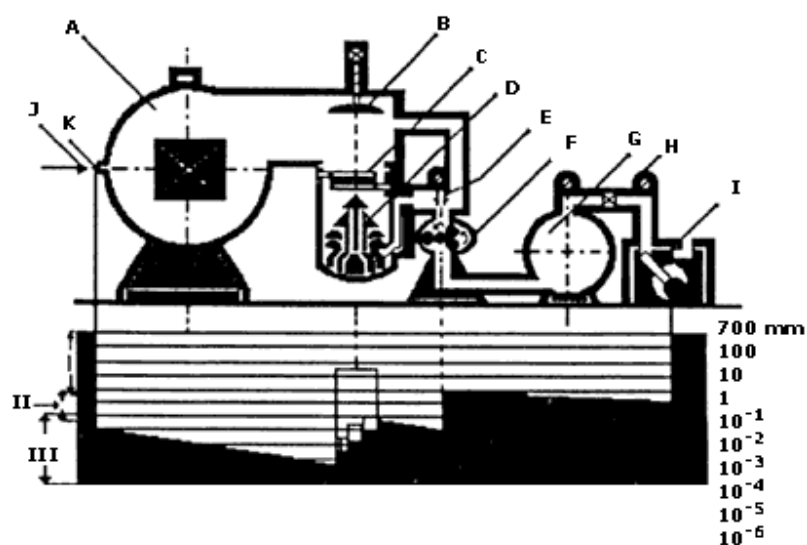
De acuerdo con la definición de la Sociedad Americana de Vacío (1958), el término vacío se refiere a cierto espacio lleno con gases a una presión total menor que la presión atmosférica, por lo que el grado de vacío se incrementa en relación directa con la disminución de presión del gas residual. Esto significa que en cuanto más se disminuya la presión, mayor vacío se obtendrá, lo que permite clasificar el grado de vacío. Entonces, se puede hablar de bajo, mediano, alto y ultra alto vacío, en correspondencia con intervalos de presiones cada vez menores. Cada intervalo tiene características propias.



- a. **Bajo y mediano vacío.** El intervalo de presión atmosférica con estas características se manifiesta desde un poco menos de 760 torr hasta  $10^{-2}$  torr. Con las técnicas usuales para hacer vacío (que se describen más adelante), los gases que componen el aire se evacúan a diferentes velocidades y esto altera la composición de gases del aire residual.
- b. **Alto vacío.** El intervalo de presión se extiende desde cerca de  $10^{-3}$  hasta  $10^{-7}$  torr. La composición de gases residuales presenta un alto contenido de vapor de agua ( $H_2O$ ).
- c. **Ultra alto vacío.** El intervalo de presión va desde  $10^{-7}$  hasta  $10^{-16}$  torr. Las superficies internas del recipiente se mantienen limpias de gas. En este intervalo el componente dominante de los gases residuales es el hidrógeno.

#### 4.4.1. Parámetros y clasificaciones de las bombas de vacío

La selección de la bomba de vacío que va a emplearse para un cierto proceso está definida por sus parámetros específicos, los cuales determinan sus propiedades. Los parámetros más importantes de los sistemas de vacío son: la presión más baja que puede lograr, el intervalo de presión, la velocidad de bombeo, la presión de descarga y el gas residual. Un ejemplo de la utilización de bombas en un sistema típico de alto vacío se ilustra en la figura 4.4.1.1.



- A. Cámara de vacío.
- B. Válvula principal.
- C. Impedancia.
- D. Bomba de difusión.
- E. Canal de acceso.
- F. Bomba tipo Roots.
- G. Cámara de prevacío o condensador.
- H. Medidor de presión.
- I. Bomba rotatoria de pistón.
- J. Flujo de gas.
- K. Válvula de aguja.
- I. Bomba de pistón.
- II. Bombas tipo Roots.
- III. Bomba de difusión.

Figura 4.4.1.1. Sección transversal esquemática de un sistema industrial de vacío.

Por otra parte, la clasificación de las bombas de vacío se presenta en la figura 4.4.1.2 de acuerdo con su intervalo de presión.

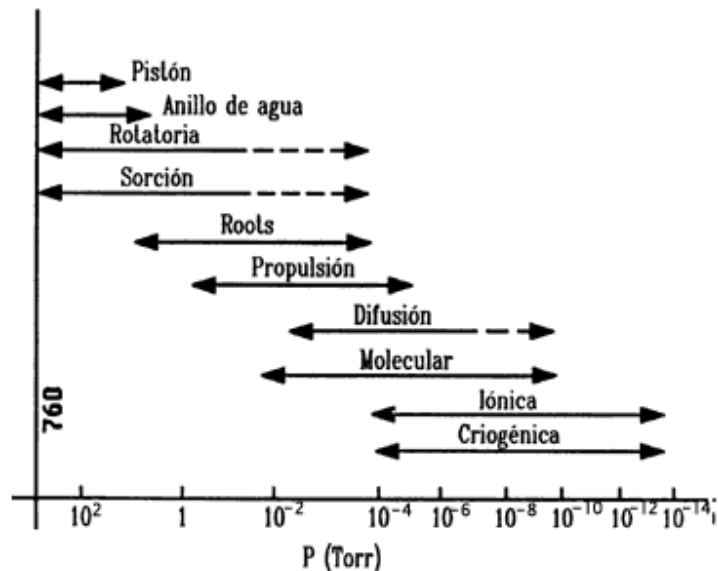


Figura 4.4.1.2. Rasgos de presión para bomba de vacío

#### 4.4.2. Descripción breve de algunas bombas de vacío

**Bombas mecánicas:** Una de las primeras fue la bomba de Sprengel, que hoy en día tiene sólo interés histórico. Fue usada en la primera fábrica de lámparas. Esta bomba se basa en el principio ilustrado en la figura 4.4.2.1. Las gotas de mercurio introducidas en el capilar capturan entre ellas burbujas de aire; de esta manera, el sistema evacua el aire del lado del tubo C, llevándolo a través del mercurio hacia la parte de abajo, a la atmósfera.

Hoy existen otros tipos de bombas mecánicas como las bombas de pistón, bombas de anillo de agua, bombas de paleta rotatoria, bomba tipo roots, entre otras.

Las bombas de paleta rotatoria son un ejemplo claro del funcionamiento de este tipo de bombas, éstas consisten en un espacio cilíndrico (estator) que alberga a un cilindro de diámetro menor que gira dentro de él (rotor). En el rotor, las paletas se encuentran sujetas por medio de un resorte.

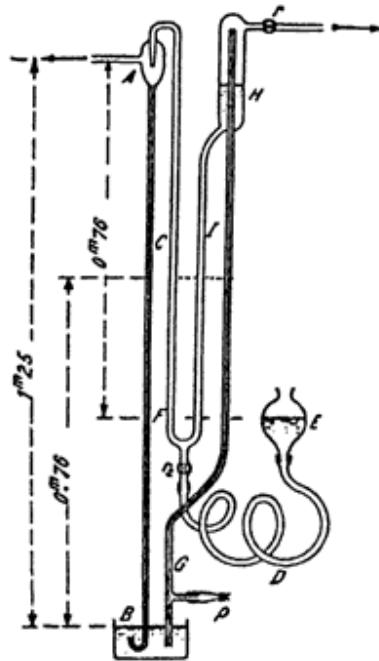


Figura 4.4.2.1. bomba de Sprengel

La bomba de paletas rotatorias posee dos ductos, uno de dimensiones mayores respecto al otro. El ducto mayor da al exterior de la bomba (conexión con la cámara a desalojar), y dentro de la bomba hasta el estator; es considerado como la entrada al estator. Por otra parte, el ducto pequeño es la salida del estator y conduce a un recipiente parcialmente lleno de aceite. Al final del ducto menor se coloca una válvula de descarga, la cual regula la salida de gas del estator al recipiente. El recipiente a su vez tiene salida al exterior de la bomba.

El funcionamiento de la bomba de paletas rotatorias es sencillo: al girar el rotor provoca que las paletas se deslicen sobre las paredes del estator (con una presión uniforme debido al resorte que sostiene a las paletas), esto permite la entrada del gas entre el estator y el rotor; después se mueve el volumen de gas contenido en esta región hasta la salida del estator. La figura IV.6 presenta esta operación en detalle.

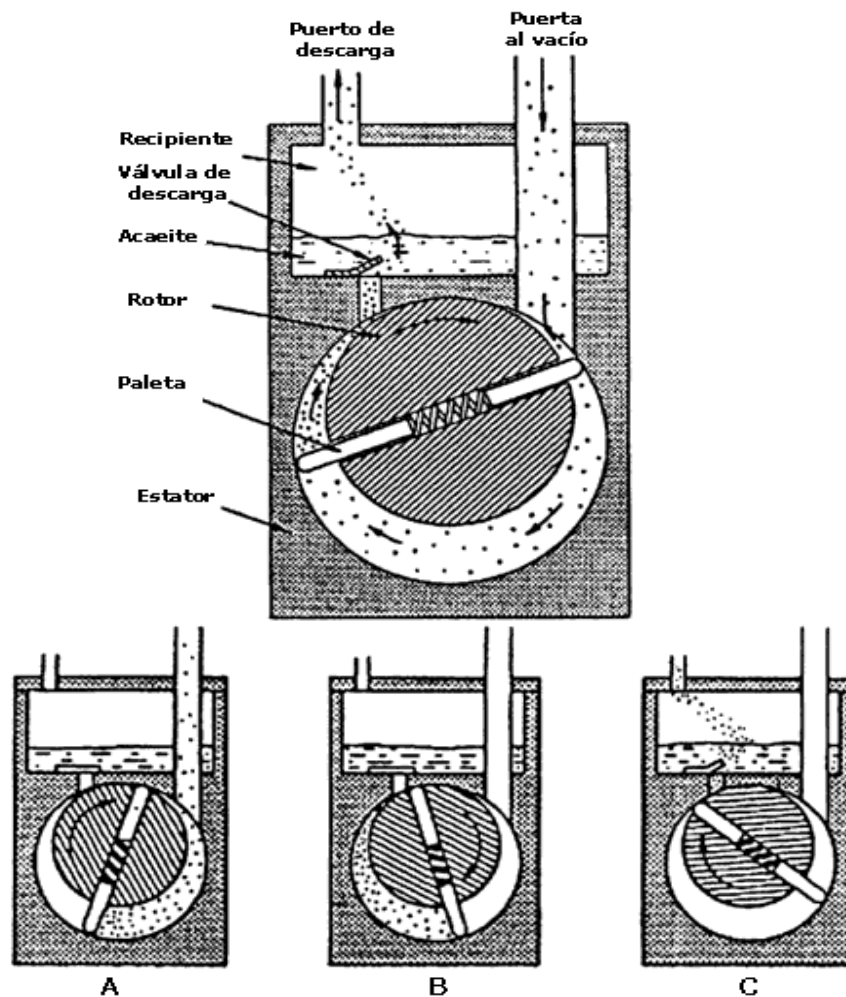


Figura 4.4.2.2. Bomba mecánica de paleta rotatoria en acción. A) Las paletas deslizantes se mueven cuando el rotor gira. El volumen entre la entrada y la paleta inferior es incrementado; esto causa que el gas se mueva dentro de esta área desde la entrada. B) El gas ha sido aislado del sistema de vacío y comienza a empujarse hacia la válvula de descarga. C) El gas se comprime ligeramente arriba de la presión atmosférica. La válvula de descarga se abre y el gas es expulsado fuera de la bomba a través del aceite en el recipiente.

Los aceites usados como fluidos de bombeo están hechos de compuestos a base de silicio y pueden producir presiones del orden de  $10^{-7}$  torr.

Las bombas de mercurio son usadas cuando se quiere evitar contaminación de hidrocarburos que afecten al sistema.

#### **4.4.3. Aplicaciones**

La importancia del vacío no estriba tanto en su generación, ni en el significado físico que tiene, sino en su gran utilidad, que lo hace acreedor de un número enorme de estudios y usos. Se depende del vacío desde el proceso fundamental de respirar, hasta en los más grandes adelantos industriales y científicos.

En la tabla 4.4.3.1 se presenta una descripción de las aplicaciones del vacío, y a continuación se exponen de manera breve varias de ellas con la finalidad de profundizar un poco en los respectivos temas.

#### 4.4.3.1. La mecánica de la respiración

El acto respiratorio depende por completo del hecho de que la cavidad torácica, que es la caja formada por las costillas, es en efecto un compartimiento cerrado, cuya única abertura al exterior es la tráquea, que es el conducto que va a la garganta. Por consiguiente, cuando aumenta el volumen de la cavidad torácica, disminuye la presión en ésta, y el vacío generado da lugar a que el aire sea aspirado hacia el interior por la tráquea; cuando disminuye el volumen, aumenta la presión en la cavidad ocasionando la expulsión del aire. La respiración consiste sencillamente en expansiones y contracciones periódicas de la cavidad torácica producidas por contracciones intermitentes de los músculos respiratorios y retracciones pasivas de los pulmones elásticos.

**Tabla 4.4.3.1.** Aplicaciones de las técnicas de vacío.

| Situación física                               | Objetivo                                       | Aplicaciones  |
|--|--|---|
| Baja presión                                   | Obtener una diferencia de presión              | Levitar, moldear, levantar, transportar   |
| Baja densidad molecular                        | Remover constituyentes activos de la atmósfera | Lámparas (incandescentes, fluorescentes, tubos eléctricos), fundición, recocido, empaquetado, encapsulado, detección de fugas   |
|  | Remover gases ocluidos o disueltos             | Secado, deshidratación, concentración, liofilización, impregnación  |
|  | Disminuir la transferencia de energía          | Aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, microbalanza de vacío, simulación espacial  |
| Camino libre medio grande                      | Evitar colisiones                              | Tubo de electrones, rayos catódicos, televisión, fotoceldas, fotomultiplicadores, rayos X, aceleradores, espectrómetros de masas, separadores de isótopos, soldadura de haz de electrones, calentamiento, microscopio electrónico, recubrimiento, destilación molecular |
| Periodos largos para la formación de monocapas | Obtener superficies limpias                    | Fricción, adhesión, estudios de emisión, pruebas de materiales para uso especial  |

Ahora bien, los músculos respiratorios se clasifican en inspiratorios y expiratorios. Los inspiratorios van desde el cuello y brazos, hasta las costillas y desde una costilla hasta la siguiente. Cuando se contraen, levantan las costillas empleando la cavidad torácica. El descenso de la base del tórax también provoca inspiración; esta acción la realiza el músculo respiratorio más importante: el diafragma, que aunque a menudo se piensa que es sólo un tabique que separa el abdomen del tórax, en realidad es un órgano de notable diseño y prodigiosa actividad, capaz de mantener una respiración adecuada cuando todos los otros músculos respiratorios están paralizados (Figura 4.4.3.1). Al contraerse la fibras del diafragma en la inspiración, se aumenta la dimensión vertical de la cavidad torácica.

La expiración es primordialmente un acto pasivo debido a la reacción elástica de los pulmones. Los cambios de presión durante la respiración tranquila son pequeños, pero suficientes para mover el aire hacia dentro y hacia fuera. Al final de la inspiración, la tendencia de los pulmones a retraerse hace que la presión en la pleura, que es la bolsa que rodea a los pulmones, descienda de 760 torr hasta 751 torr y se genera con ello un vacío ligero. La diferencia de presión es pequeña, pero el área es grande y la fuerza es suficiente para provocar los movimientos respiratorios.

La tecnología de vacío, por otro lado, ha contribuido al avance médico, y un ejemplo de esto es el equipo utilizado en la respiración artificial. Cuando el acto de la respiración ha cesado, se puede renovar el aire en los pulmones con este método mecánico, el cual comprende dos técnicas denominadas resucitadores y respiradores corporales ("pulmones de acero"). Un resucitador ventila los pulmones aplicando de manera alternada presiones positivas y negativas (con respecto a la presión ambiental) mediante una máscara facial o una sonda traqueal. Este dispositivo es empleado a menudo por bomberos y salvavidas que atienden casos agudos de deficiencia respiratoria en sitios alejados de un hospital (Figura 4.4.3.2.)



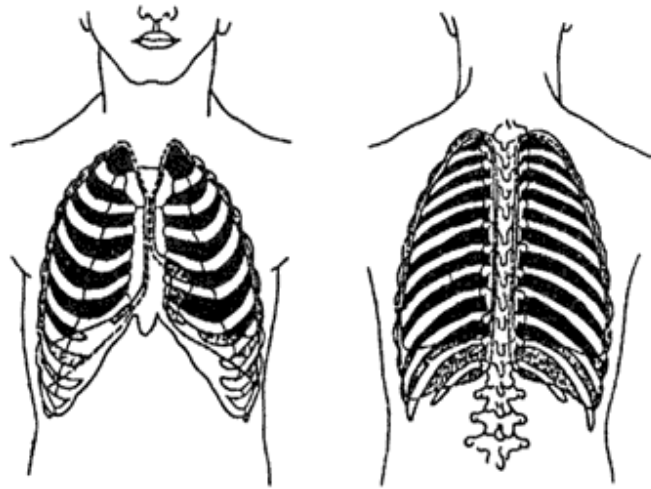


Figura 4.4.3.1. Pulmones humanos

Un "pulmón de acero" difiere de un resucitador en que opera sobre el fuelle torácico, no mediante la aplicación de presión sobre la nariz y la boca, sino mediante la aplicación directa de presiones positivas y negativas alternadas sobre todo el tórax. Para hacerlo, se coloca al sujeto en una cámara cerrada, cilíndrica, de presión, que deja salir sólo la cabeza del individuo, con un collar de hule perfectamente ajustado al cuello. La presión dentro de la cámara se aumenta y disminuye alternadamente por medio de una bomba eléctrica. Las presiones alternas expanden y comprimen el tórax, sustituyendo con éxito los movimientos respiratorios normales. Este tipo de aparato ha mantenido con vida a muchas personas durante años después de una falla respiratoria.

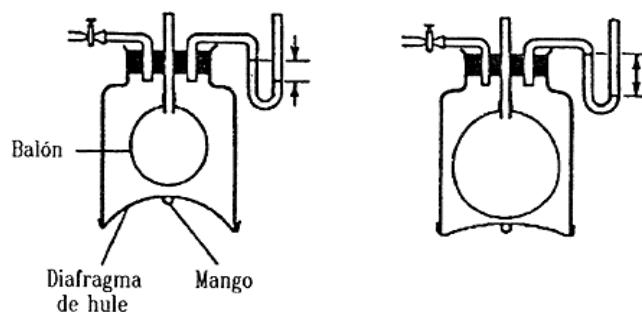


Figura 4.4.3.2. Pulmones artificiales

#### 4.4.4. Determinación de la demanda para el sistema de vacío

La determinación de la demanda total para el sistema de vacío se utilizó en la Figura B.1, en la cual se especifica el caudal de diseño recomendado así como el factor de simultaneidad, para cada servicio o área que requiera vacío.

Para poder utilizar la Figura B.1 se debe de ubicar el servicio o la locación en la primer columna, y en la fila de la locación y corriéndose hacia la derecha se puede encontrar el caudal de diseño ya sea por, cama, habitación o cuarto o por salida, así como el factor de simultaneidad respectivo, y al tener el número exacto de camas, cuartos o salidas, se procede a multiplicar el caudal de diseño por el número correspondiente y por su factor de simultaneidad, éste caudal es el caudal máximo probable.

Ejemplo: Servicio de cuarto de recuperación (Postanestesia)

De la Figura B.1 se puede observar que se recomienda un caudal de diseño de 3,0 SCFM/Cama, con un factor de simultaneidad de 10%, y como en este cuarto de recuperación existen 10 camas se procede a realizar la operación matemática.

$$Q_{\text{Max}} = \frac{\text{SCFM}}{\text{Cama}} \bullet f_{\text{Simul tan eidad}} \bullet \# \text{ Camas}$$

$$Q_{\text{Max}} = \frac{3 \cdot \text{SCFM}}{\text{Cama}} \bullet 50\% \bullet 10 \cdot \text{Camas}$$

$$Q_{\text{Max}} = 15 \cdot \text{SCFM}$$

Para el resto de los servicios se procedió de la misma manera, y se suman los caudales de los otros servicios, para poder obtener el caudal máximo probable para el hospital. (Ver la Tabla 4.4.4.1.). En la página siguiente.

**Tabla 4.4.4.1.** Cálculo de la demanda máxima para el edificio de Hospitalización y Especialidades Médicas

| Nº | Piso | Nombre del servicio                               | Vacío  |        |         |                         |                                    |               |
|----|------|---|--------|--------|---------|-------------------------|------------------------------------|---------------|
|    |      |   | SCFM / |        |         | Factor de simultaneidad | Número de camas, Cuartos, Entradas | SCFM de vacío |
|    |      |   | Cama   | Cuarto | Entrada |                         |                                    |               |
| 1  | s    | Sala 5 (Rayos X)                                  | 1,5    |        |         | 25%                     | 1                                  | 0,375         |
| 2  | s    | Sala 6 (Cateterismo)                              |        | 1,0    |         | 10%                     | 1                                  | 0,1           |
| 3  | s    | Ultrasonido                                       | 1,5    |        |         | 25%                     | 1                                  | 0,375         |
| 4  | 1    | Infectología (Tratamiento)                        |        |        | 1,0     | 10%                     | 2                                  | 0,2           |
| 5  | 1    | Infectología (Camas de hospitalización)           | 1,0    |        |         | 10%                     | 18                                 | 1,8           |
| 6  | 1    | Infectología (Consultorio médico)                 |        |        | 1,0     | 10%                     | 1                                  | 0,1           |
| 7  | 1    | Nebulizaciones                                    |        |        | 1,0     | 20%                     | 2                                  | 0,4           |
| 8  | 1    | Medicina 6 (Aislamiento)                          | 1,0    |        |         | 10%                     | 1                                  | 0,1           |
| 9  | 1    | Medicina 6 (Tratamiento)                          |        |        | 1,0     | 10%                     | 2                                  | 0,2           |
| 10 | 1    | Medicina 6 (Misceláneos)                          |        |        | 1,0     | 10%                     | 7                                  | 0,7           |
| 11 | 1    | Medicina 6 (Diarreas)                             |        |        | 1,0     | 10%                     | 8                                  | 0,8           |
| 12 | 1    | Emergencias Médicas (Cuarto de Shock)             | 1,0    |        |         | 100%                    | 8                                  | 8             |
| 13 | 1    | Emergencias Médicas (Unidad de Trauma)            |        |        | 1,0     | 100%                    | 4                                  | 4             |
| 14 | 1    | Emergencias Médicas (Sala de suturas quirúrgicas) |        | 1,0    |         | 50%                     | 1                                  | 0,5           |
| 15 | 2    | Neonatología (Unidad de cuidados intensivos UCI)  | 1,0    |        |         | 50%                     | 18                                 | 9             |
| 16 | 2    | Neonatología (Unidad de cuidados prolongados)     | 1,0    |        |         | 50%                     | 15                                 | 7,5           |
| 17 | 2    | Medicina 5 (Neumonología)                         | 1,0    |        |         | 10%                     | 18                                 | 1,8           |
| 18 | 2    | Medicina 5 (Tratamiento)                          |        |        | 1,0     | 10%                     | 1                                  | 0,1           |
| 19 | 2    | Medicina 5 (Gastroenterología)                    | 1,0    |        |         | 10%                     | 4                                  | 0,4           |
| 20 | 2    | Medicina 4 (Tratamiento)                          |        |        | 1,0     | 10%                     | 1                                  | 0,1           |
| 21 | 2    | Medicina 4 (General)                              | 1,0    |        |         | 10%                     | 29                                 | 2,9           |
| 22 | 2    | Medicina 4 (Endocrinología)                       | 1,0    |        |         | 10%                     | 9                                  | 0,9           |
| 23 | 2    | Electroencefalografía                             | 1,0    |        |         | 10%                     | 1                                  | 0,1           |
| 24 | 3    | Medicina 3 (Transplante de médula ósea)           |        | 4,0    |         | 100%                    | 2                                  | 8             |
| 25 | 3    | Medicina 3 (Camas de hospitalización)             | 1,0    |        |         | 10%                     | 7                                  | 0,7           |
| 26 | 3    | Medicina 3 (Cuarto de aislamiento)                | 1,0    |        |         | 10%                     | 1                                  | 0,1           |
| 27 | 3    | Medicina 3 (Tratamiento)                          |        |        | 1,0     | 10%                     | 1                                  | 0,1           |
| 28 | 3    | Unidad de quemados (Quirófano)                    |        | 1,0    |         | 50%                     | 1                                  | 0,5           |
| 29 | 3    | Unidad de quemados (Camas de hospitalización)     | 1,0    |        |         | 10%                     | 2                                  | 0,2           |

|    |   |   |     |     |     |      |                                       |                |
|----|---|---|-----|-----|-----|------|---------------------------------------|----------------|
| 30 | 3 | Unidad de quemados (Curaciones)             |     | 1,0 |     | 10%  | 1                                     | 0,1            |
| 31 | 3 | Medicina 2 (Camas de hospitalización)       | 1,0 |     |     | 10%  | 8                                     | 0,8            |
| 32 | 3 | Medicina 1 (NIM) (Camas de hospitalización) | 1,0 |     |     | 10%  | 8                                     | 0,8            |
| 33 | 3 | Medicina 1 (Tratamiento)                    |     |     | 1,0 | 10%  | 1                                     | 0,1            |
| 34 | 3 | Medicina 1 (NU) (Camas de hospitalización)  | 1,0 |     |     | 10%  | 10                                    | 1              |
| 35 | 3 | Transplantes                                |     | 4,0 |     | 100% | 7                                     | 28             |
| 36 | 3 | Transplantes (Tratamiento)                  |     |     | 1,0 | 10%  | 1                                     | 0,1            |
| 37 | 3 | Recuperación de endoscopia                  |     |     | 1,0 | 10%  | 6                                     | 0,6            |
| 38 | 4 | Unidad de cuidados intensivos (UCI)         | 2,0 |     |     | 100% | 10                                    | 20             |
| 39 | 4 | Unidad de cuidados intermedios              | 2,0 |     |     | 100% | 12                                    | 24             |
| 40 | 4 | Cirugía 4 (Camas de hospitalización)        | 1,5 |     |     | 50%  | 10                                    | 7,5            |
| 41 | 4 | Cirugía 4 (Tratamiento)                     |     |     | 1,0 | 10%  | 1                                     | 0,1            |
| 42 | 4 | Salas de operaciones                        |     | 3,5 |     | 100% | 7                                     | 24,5           |
| 43 | 4 | Recuperación                                | 3,0 |     |     | 50%  | 10                                    | 15             |
| 44 | 4 | Cirugía 3 (Camas de hospitalización)        | 1,5 |     |     | 50%  | 18                                    | 13,5           |
| 45 | 4 | Cirugía 3 (Endoscopia)                      |     | 2,0 |     | 100% | 1                                     | 2              |
| 46 | 4 | Cirugía 3 (Tratamiento)                     |     |     | 1,0 | 10%  | 1                                     | 0,1            |
| 47 | 4 | Cirugía 2 (Cuarto de tratamiento)           |     |     | 1,0 | 10%  | 1                                     | 0,1            |
| 48 | 4 | Cirugía 2 (Camas de hospitalización)        | 1,5 |     |     | 50%  | 8                                     | 6              |
| 49 | 3 | Cuarto de procedimientos                    |     | 1,0 |     | 10%  | 2                                     | 0,2            |
| 50 | 3 | Toma de muestras                            |     | 1,0 |     | 10%  | 1                                     | 0,1            |
|    |   |   |     |     |     |      | <b>Caudal máximo probable (SCFM)</b>  | <b>194,65</b>  |
|    |   |   |     |     |     |      | <b>Caudal máximo probable (l/min)</b> | <b>5516,11</b> |

Caudal de diseño (SCFM) 252,46  
Caudal de diseño (l/min) 7154,39

Bomba a utilizar (SCFM) 252,46  
Caudal de diseño (l/min) 7148,9

Nuevo factor de ampliación 20%

Factor de corrección por altura:

**0,0470**

Factor de corrección por fugas:

**0,0500**

Factor de corrección por ampliación:

**0,2000**

Microsoft Excel

Como se pudo observar anteriormente el caudal máximo probable para el sistema de vacío es 5516,1 l/min (177,10 pies<sup>3</sup>/min estándar SCFM), pero como este dato se da solamente al nivel del mar se debe de tomar en cuenta un factor de corrección por altura, dado que San José se encuentra a una altura de 1172 metros sobre el nivel del mar, el factor apropiado es de 0,047<sup>33</sup>.

También se consideró un factor por fugas de 5%, y un factor de ampliación mínimo del 20% para el todo el sistema ya que toda red de vacío puede presentar problemas por fugas en uniones, en el depósito de aire, entre otros, e inclusive este sistema se puede ampliar en el futuro, ya que éste es muy utilizado en los hospitales.

Por lo que lo que el caudal o flujo de diseño se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\max} = Q_{\text{tMax Pr obable}} \cdot (1 + f_{\text{Altura}} + f_{\text{Fugas}} + f_{\text{Ampliación}})$$

$$Q_{\max} = 194,65 \cdot (1 + 0,047 + 0,05 + 0,2)$$

$$Q_{\max} = 252,46 \cdot \text{SCFM}$$

---

<sup>33</sup> Ver Figura B.2 en la página 245

Dado que las bombas de vacío se especifican de acuerdo con la carga en pies cúbicos por minutos actuales (pies<sup>3</sup>/min actuales ACFM), y también a la regulación de interruptor principal (switch) de la bomba de vacío, se utiliza la siguiente ecuación, esto para poder verificar si la capacidad de bomba está en condiciones normales de operación.

$$ACFM = SCFM \cdot \frac{29,92}{29,92 - V_{ac}} \cdot \frac{T + 460}{528}$$

Donde:

ACFM = Pies cúbicos por minutos actuales (ACFM).

SCFM = Pies cúbicos por minuto estándar (SCFM).

$V_{ac}$  = Presión de vacío a la que enciende la bomba de vacío.

T = Temperatura ambiente

$$ACFM = 252,46 \cdot SCFM \cdot \frac{29,92}{29,92 - 14,5} \cdot \frac{24,9 + 460}{528}$$

$$ACFM = 489,36 \cdot SCFM$$

Al ver la Figura B.4 se determinó que la capacidad de la bomba de vacío, a una presión de 482,6 mmHg (19 pulgHg), es de aproximadamente 170 ACFM, con lo que se puede notar que la bomba está por debajo de la capacidad máxima que éste requiere para operar adecuadamente, ya que de las seis bombas de vacío que se tienen a disposición sólo una funciona adecuadamente, con una capacidad de 170 ACFM (pie<sup>3</sup>/min actuales), por lo que hay un déficit de 319,36 ACFM (pie<sup>3</sup>/min actuales), deduciéndose que el equipo no está en condiciones de suplir la demanda del hospital.

#### **4.4.5. Verificación de los diámetros de las tuberías del sistema de vacío**

El procedimiento que se sigue para poder verificar los diámetros de las tuberías para el sistema de vacío es igual al procedimiento que se da en el punto 4.3.2, con la única diferencia de que para el sistema de vacío la presión de trabajo o la presión al inicio del tramo es 482,6 mmHg (19 pulgHg), y con una caída de presión máxima entre la bomba de vacío y la última toma es de 101,6 mmHg (4 pulgHg), también se deben ver las Figura B.4, para determinar las caídas de presión por 100 pies de tubería.

A continuación se muestran las tablas con los cálculos de los diámetros. Pero primeramente se muestra la tabla de la ruta crítica, esto con el fin de verificar que la caída máxima entre la bomba de vacío y la toma de vacío que se encuentra más largo del compresor exista una caída de presión menor a 101,6 mmHg (4 pulgHg), ya que para el resto de las otras rutas se supone que no debe de existir una caída de presión menor a la que existe en la ruta crítica. Dado el estudio se determinó que la ruta crítica se encuentra en el Servicio de Medicina 6 en el cuarto de shock, ya que existe una distancia de 216,70 m.

**Tabla 4.4.5.1.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas

| Tramo    | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|----------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|          | m              | pie    | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| S0-S1    | 2,50           | 8,20   | 12,30             | 19,0000                     | 4,0000                      | 252,46          | 7148,94 | 327,44           | 9272,13 | 6"               | 0,1622                | 0,0200                  | 18,9800                    | Diámetro correcto | 3"-6"                | 6"                        |
| S1-S2    | 38,10          | 125,00 | 187,50            | 18,9800                     | 3,9800                      | 252,16          | 7140,44 | 327,05           | 9261,11 | 6"               | 0,1619                | 0,3036                  | 18,6765                    | Diámetro correcto | 3"-6"                | 6"                        |
| S2-S3    | 35,60          | 116,80 | 175,20            | 18,6765                     | 3,6765                      | 141,25          | 3999,79 | 183,20           | 5187,71 | 4"               | 0,3855                | 0,6754                  | 18,0011                    | Diámetro correcto | 2"-4"                | 4"                        |
| S3-1C'   | 38,80          | 127,30 | 190,94            | 18,0011                     | 3,0011                      | 53,80           | 1523,46 | 69,78            | 1975,92 | 3"               | 0,2675                | 0,5108                  | 17,4903                    | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| 1C'-1C'' | 11,60          | 38,06  | 57,09             | 17,4903                     | 2,4903                      | 53,80           | 1523,46 | 69,78            | 1975,92 | 3"               | 0,2675                | 0,1527                  | 17,3376                    | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| 1C'-A    | 55,50          | 182,09 | 273,13            | 17,3376                     | 2,3376                      | 14,30           | 404,93  | 18,55            | 525,20  | 2"               | 0,1702                | 0,4649                  | 16,8728                    | Diámetro correcto | 1 1/2"-2"            | 2"                        |
| A-C      | 6,50           | 21,33  | 31,99             | 16,8728                     | 1,8728                      | 9,80            | 277,51  | 12,71            | 359,93  | 1 1/2"           | 0,3320                | 0,1062                  | 16,7666                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-J      | 15,30          | 50,20  | 75,30             | 16,7666                     | 1,7666                      | 8,80            | 249,19  | 11,41            | 323,20  | 1 1/2"           | 0,2747                | 0,2068                  | 16,5597                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-M      | 3,00           | 9,84   | 14,76             | 16,5597                     | 1,5597                      | 8,00            | 226,54  | 10,38            | 293,82  | 1 1/4"           | 0,5321                | 0,0786                  | 16,4812                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| M-N      | 2,30           | 7,55   | 11,32             | 16,4812                     | 1,4812                      | 4,00            | 113,27  | 5,19             | 146,91  | 1 1/4"           | 0,0000                | 0,0000                  | 16,4812                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| N-10     | 1,50           | 4,92   | 7,38              | 16,4812                     | 1,4812                      | 4,00            | 113,27  | 5,19             | 146,91  | 1 1/4"           | 0,2720                | 0,0201                  | 16,4611                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| 10-y     | 1,00           | 3,28   | 4,92              | 16,4611                     | 1,4611                      | 4,00            | 113,27  | 5,19             | 146,91  | 1 1/4"           | 0,2720                | 0,0134                  | 16,4477                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| y-z      | 1,80           | 5,91   | 8,86              | 16,4477                     | 1,4477                      | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 1"               | 0,2380                | 0,0211                  | 16,4266                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| z-aa     | 1,80           | 5,91   | 8,86              | 16,4266                     | 1,4266                      | 2,00            | 56,63   | 2,59             | 73,45   | 1"               | 0,2380                | 0,0211                  | 16,4055                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| aa-ab    | 1,40           | 4,59   | 6,89              | 16,4055                     | 1,4055                      | 1,00            | 28,32   | 1,30             | 36,73   | 1 1/4"           | 0,1707                | 0,0118                  | 16,3938                    | Diámetro correcto | 3/8"-3/4"            | 3/4"                      |

Como se pudo observar anteriormente la caída de presión desde la bomba de vacío hasta la última salida de vacío es de 416,40 mmHg (16,3938 pulgHg), siempre y cuando se realicen los cambios respectivos de las tuberías.



**Tabla 4.4.5.2.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| A-B   | 8,20           | 26,90 | 40,35             | 16,8728                     | 1,8728                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,2286                  | 16,6442                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| C-D   | 4,00           | 13,12 | 19,68             | 16,7666                     | 1,7666                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 1"               | 0,1707                | 0,0336                  | 16,7330                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| D-E   | 3,50           | 11,48 | 17,22             | 16,7330                     | 1,7330                      | 0,90            | 25,49  | 1,17             | 33,05  | 1"               | 0,1433                | 0,0247                  | 16,7083                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| E-F   | 3,50           | 11,48 | 17,22             | 16,7083                     | 1,7083                      | 0,80            | 22,65  | 1,04             | 29,38  | 1"               | 0,0660                | 0,0114                  | 16,6969                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| F-G   | 3,20           | 10,50 | 15,75             | 16,6969                     | 1,6969                      | 0,10            | 2,83   | 0,13             | 3,67   | 1"               | 0,0190                | 0,0030                  | 16,6939                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| F-H   | 3,50           | 11,48 | 17,22             | 16,6969                     | 1,6969                      | 0,70            | 19,82  | 0,91             | 25,71  | 1"               | 0,0947                | 0,0163                  | 16,6806                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| H-I   | 4,30           | 14,11 | 21,16             | 16,6806                     | 1,6806                      | 0,30            | 8,50   | 0,39             | 11,02  | 1"               | 0,0237                | 0,0050                  | 16,6756                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| J-K   | 0,30           | 0,98  | 1,48              | 16,5597                     | 1,5597                      | 0,80            | 22,65  | 1,04             | 29,38  | 1"               | 0,0660                | 0,0010                  | 16,5587                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| K-L   | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 16,5587                     | 1,5587                      | 0,40            | 11,33  | 0,52             | 14,69  | 1"               | 0,0388                | 0,0040                  | 16,5547                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.3.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,6442                     | 1,6442                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0342                  | 16,6100                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| D-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7330                     | 1,7330                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,7203                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7083                     | 1,7083                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,6957                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,6939                     | 1,6939                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,6813                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,6806                     | 1,6806                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0342                  | 16,6464                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| I-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,6756                     | 1,6756                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1"               | 0,2821                | 0,0208                  | 16,6547                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| K-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,5587                     | 1,5587                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0342                  | 16,5246                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| L-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,5547                     | 1,5547                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0342                  | 16,5206                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| M-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,4812                     | 1,4812                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1 1/4"           | 0,2420                | 0,0179                  | 16,4633                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1 1/4"                    |

**Tabla 4.4.5.4.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Primer piso, Medicina 6 y Emergencias médicas

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,20           | 3,94 | 5,91              | 16,6100                     | 1,6100                      | 0,50            | 14,16  | 0,65             | 18,36  | 3/4"             | 0,0540                | 0,0032                  | 16,6068                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 2,30           | 7,55 | 11,32             | 16,6068                     | 1,6068                      | 0,25            | 7,08   | 0,32             | 9,18   | 3/4"             | 0,0190                | 0,0022                  | 16,6047                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 1-c   | 1,20           | 3,94 | 5,91              | 16,6100                     | 1,6100                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0273                  | 16,5827                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| c-d   | 2,30           | 7,55 | 11,32             | 16,5827                     | 1,5827                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0621                  | 16,5206                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 5-e   | 0,40           | 1,31 | 1,97              | 16,6464                     | 1,6464                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0108                  | 16,6356                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| e-f   | 1,40           | 4,59 | 6,89              | 16,6356                     | 1,6356                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0118                  | 16,6239                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 5-g   | 1,20           | 3,94 | 5,91              | 16,6464                     | 1,6464                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0324                  | 16,6140                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| g-h   | 1,40           | 4,59 | 6,89              | 16,6140                     | 1,6140                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0118                  | 16,6023                    | Diámetro correcto | 3/8"-3/4"            | 3/4"                      |
| 6-i   | 1,10           | 3,61 | 5,41              | 16,6547                     | 1,6547                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0092                  | 16,6455                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 6-j   | 0,20           | 0,66 | 0,98              | 16,6547                     | 1,6547                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0054                  | 16,6493                    | Diámetro correcto | 3/8"-3/4"            | 3/4"                      |
| j-k   | 1,60           | 5,25 | 7,87              | 16,6493                     | 1,6493                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0134                  | 16,6359                    | Diámetro correcto | 3/8"-3/4"            | 3/4"                      |
| 7-p   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 16,5246                     | 1,5246                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0228                  | 16,5018                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| p-q   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 16,5018                     | 1,5018                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1"               | 0,2821                | 0,0250                  | 16,4768                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| q-r   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 16,4768                     | 1,4768                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0486                  | 16,4282                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| r-s   | 1,40           | 4,59 | 6,89              | 16,4282                     | 1,4282                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0118                  | 16,4165                    | Diámetro correcto | 3/8"-3/4"            | 3/4"                      |
| 8-l   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 16,5206                     | 1,5206                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0228                  | 16,4978                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| l-m   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 16,4978                     | 1,4978                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1"               | 0,2821                | 0,0250                  | 16,4728                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| m-n   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 16,4728                     | 1,4728                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0486                  | 16,4242                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| n-o   | 1,40           | 4,59 | 6,89              | 16,4242                     | 1,4242                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0118                  | 16,4125                    | Diámetro correcto | 3/8"-3/4"            | 3/4"                      |
| 9-t   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 16,4633                     | 1,4633                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1 1/4"           | 0,2420                | 0,0119                  | 16,4514                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| 9-u   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 16,4514                     | 1,4514                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1 1/4"           | 0,2420                | 0,0214                  | 16,4299                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| u-v   | 1,80           | 5,91 | 8,86              | 16,4299                     | 1,4299                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 1 1/4"           | 0,2420                | 0,0214                  | 16,4085                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| v-x   | 1,40           | 4,59 | 6,89              | 16,4085                     | 1,4085                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0118                  | 16,3968                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.5.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Primer piso, Infectología

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva<br>pie | Presión al inicio del tramo<br>PulgHg | Caída de presión disponible<br>PulgHg | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería<br>pulg | Caída de presión/100'<br>pulgHg/pie | Caída de presión/ tramo<br>pulgHg | Presión al final del tramo<br>pulgHg | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    |                          |                                       |                                       | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   |                          |                                     |                                   |                                      |                   |                      |                           |
| S2-SA | 10,20          | 33,46  | 50,20                    | 18,6765                               | 3,6765                                | 53,10           | 1503,64 | 68,87            | 1950,21 | 3"                       | 0,2226                              | 0,1117                            | 18,5647                              | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| SA-1A | 3,00           | 9,84   | 14,76                    | 18,5647                               | 3,5647                                | 53,10           | 1503,64 | 68,87            | 1950,21 | 3"                       | 0,2226                              | 0,0329                            | 18,5319                              | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| 1A-A  | 3,80           | 12,47  | 18,70                    | 18,5319                               | 3,5319                                | 53,10           | 1503,64 | 68,87            | 1950,21 | 3"                       | 0,2226                              | 0,0416                            | 18,4903                              | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| A-B   | 33,80          | 110,89 | 166,34                   | 18,4903                               | 3,4903                                | 43,30           | 1226,13 | 56,16            | 1590,28 | 3"                       | 0,1821                              | 0,3029                            | 18,1874                              | Diámetro correcto | 1 1/2"-3"            | 3"                        |
| B-C   | 6,10           | 20,01  | 30,02                    | 18,1874                               | 3,1874                                | 2,10            | 59,47   | 2,72             | 77,13   | 1"                       | 0,2380                              | 0,0714                            | 18,1159                              | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D   | 14,70          | 48,23  | 72,34                    | 18,1159                               | 3,1159                                | 1,20            | 33,98   | 1,56             | 44,07   | 1"                       | 0,2315                              | 0,1675                            | 17,9484                              | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| D-G   | 7,20           | 23,62  | 35,43                    | 17,9484                               | 2,9484                                | 0,40            | 11,33   | 0,52             | 14,69   | 1"                       | 0,0388                              | 0,0137                            | 17,9347                              | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| G-I   | 1,90           | 6,23   | 9,35                     | 17,9347                               | 2,9347                                | 0,30            | 8,50    | 0,39             | 11,02   | 1"                       | 0,0237                              | 0,0022                            | 17,9325                              | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-4   | 1,50           | 4,92   | 7,38                     | 17,9325                               | 2,9325                                | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 1"                       | 0,2821                              | 0,0208                            | 17,9116                              | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| 4-h   | 0,80           | 2,62   | 3,94                     | 17,9116                               | 2,9116                                | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 1"                       | 0,2821                              | 0,0111                            | 17,9005                              | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| h-i   | 2,10           | 6,89   | 10,33                    | 17,9005                               | 2,9005                                | 2,00            | 56,63   | 2,59             | 73,45   | 1"                       | 0,2380                              | 0,0246                            | 17,8759                              | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| i-j   | 3,60           | 11,81  | 17,72                    | 17,8759                               | 2,8759                                | 1,00            | 28,32   | 1,30             | 36,73   | 3/4"                     | 0,1707                              | 0,0302                            | 17,8457                              | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.6.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, Primer piso, Infectología

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| D-F   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 17,9484                     | 2,9484                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0237                | 0,0017                  | 17,9467                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-E   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 17,9484                     | 2,9484                      | 0,50            | 14,16 | 0,65             | 18,36 | 3/4"             | 0,0540                | 0,0029                  | 17,9455                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-H   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 17,9347                     | 2,9347                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0010                  | 17,9337                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| C-J   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 18,1159                     | 3,1159                      | 0,90            | 25,49 | 1,17             | 33,05 | 3/4"             | 0,1433                | 0,0071                  | 18,1089                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-K   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 18,1089                     | 3,1089                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0019                  | 18,1070                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-L   | 5,60           | 18,37 | 27,56             | 18,1089                     | 3,1089                      | 0,70            | 19,82 | 0,91             | 25,71 | 3/4"             | 0,0947                | 0,0261                  | 18,0828                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| L-M   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 18,0828                     | 3,0828                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0237                | 0,0023                  | 18,0804                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| L-N   | 0,40           | 1,31  | 1,97              | 18,0828                     | 3,0828                      | 0,40            | 11,33 | 0,52             | 14,69 | 3/4"             | 0,0388                | 0,0008                  | 18,0820                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| N-O   | 2,30           | 7,55  | 11,32             | 18,0820                     | 3,0820                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0022                  | 18,0798                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| N-P   | 5,60           | 18,37 | 27,56             | 18,0820                     | 3,0820                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0052                  | 18,0768                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| P-Q   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 18,0768                     | 3,0768                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0019                  | 18,0749                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| P-R   | 2,40           | 7,87  | 11,81             | 18,0768                     | 3,0768                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0022                  | 18,0745                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.7.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Primer piso, Infectología

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| E-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,9455                     | 2,9455                      | 5,00            | 141,59 | 6,48             | 183,64 | 1                | 0,6776                | 0,0500                  | 17,8955                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| F-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,9467                     | 2,9467                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,8650                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,9337                     | 2,9337                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,9211                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| K-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,1070                     | 3,1070                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,0665                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| M-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0804                     | 3,0804                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,9987                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| O-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0798                     | 3,0798                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,0393                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Q-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0749                     | 3,0749                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 18,0623                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| R-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0745                     | 3,0745                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 18,0619                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.8.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Primer piso, Infectología

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 2-a   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 17,8650                     | 2,8650                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0436                  | 17,8214                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 2,70           | 8,86  | 13,29             | 17,8214                     | 2,8214                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0729                  | 17,7485                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| b-c   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 17,7485                     | 2,7485                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0084                  | 17,7401                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 1-d   | 0,60           | 1,97  | 2,95              | 17,8955                     | 2,8955                      | 5,00            | 141,59 | 6,48             | 183,64 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0327                  | 17,8628                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| d-e   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 17,8628                     | 2,8628                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0654                  | 17,7974                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| e-f   | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 17,7974                     | 2,7974                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0486                  | 17,7488                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-g   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 17,9211                     | 2,9211                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0084                  | 17,9127                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 5-k   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 18,0665                     | 3,0665                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0324                  | 18,0341                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| k-l   | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 18,0341                     | 3,0341                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0151                  | 18,0190                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 6-m   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 17,9987                     | 2,9987                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0599                  | 17,9388                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| m-n   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 17,9388                     | 2,9388                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0297                  | 17,9091                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| n-o   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 17,9091                     | 2,9091                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0092                  | 17,8999                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 7-p   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 18,0393                     | 3,0393                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0135                  | 18,0258                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| p-q   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 18,0258                     | 3,0258                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0092                  | 18,0166                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 8-r   | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 18,0623                     | 3,0623                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0260                  | 18,0362                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 9-s   | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 18,0619                     | 3,0619                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0260                  | 18,0359                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.9.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Segundo piso, Neonatología

| Tramo   | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|---------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|         | m              | pie   | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-1A'   | 11,90          | 39,04 | 58,56             | 18,1874                     | 3,1874                      | 41,20           | 1166,66 | 53,44            | 1513,16 | 3"               | 0,1667                | 0,0976                  | 18,0897                    | Diámetro correcto | 1"-3"                | 3"                        |
| 1A'-2A' | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 18,0897                     | 3,0897                      | 41,20           | 1166,66 | 53,44            | 1513,16 | 3"               | 0,1667                | 0,0246                  | 18,0651                    | Diámetro correcto | 1"-3"                | 3"                        |
| 2A'-A   | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 18,0651                     | 3,0651                      | 9,20            | 260,52  | 11,93            | 337,89  | 1 1/2"           | 0,2966                | 0,0307                  | 18,0345                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| A-B     | 11,40          | 37,40 | 56,10             | 18,0345                     | 3,0345                      | 9,00            | 254,85  | 11,67            | 330,54  | 1 1/2"           | 0,2856                | 0,1602                  | 17,8742                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| B-C     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 17,8742                     | 2,8742                      | 8,00            | 226,54  | 10,38            | 293,82  | 1 1/4"           | 0,5321                | 0,0209                  | 17,8533                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| C-D     | 3,80           | 12,47 | 18,70             | 17,8533                     | 2,8533                      | 7,00            | 198,22  | 9,08             | 257,09  | 1 1/4"           | 0,4211                | 0,0787                  | 17,7745                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| D-E     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 17,7745                     | 2,7745                      | 6,00            | 169,90  | 7,78             | 220,36  | 1 1/4"           | 0,3217                | 0,0127                  | 17,7619                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| E-F     | 3,80           | 12,47 | 18,70             | 17,7619                     | 2,7619                      | 5,00            | 141,59  | 6,48             | 183,64  | 1"               | 0,6776                | 0,1267                  | 17,6352                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| F-G     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 17,6352                     | 2,6352                      | 4,50            | 127,43  | 5,84             | 165,27  | 1"               | 0,5664                | 0,0223                  | 17,6129                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| G-H     | 3,20           | 10,50 | 15,75             | 17,6129                     | 2,6129                      | 4,00            | 113,27  | 5,19             | 146,91  | 1"               | 0,4627                | 0,0729                  | 17,5400                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| H-I     | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 17,5400                     | 2,5400                      | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 1"               | 0,2821                | 0,0278                  | 17,5122                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| I-J     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 17,5122                     | 2,5122                      | 2,00            | 56,63   | 2,59             | 73,45   | 3/4"             | 0,5486                | 0,0216                  | 17,4906                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| J-K     | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 17,4906                     | 2,4906                      | 1,00            | 28,32   | 1,30             | 36,73   | 3/4"             | 0,1707                | 0,0067                  | 17,4839                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| K-10    | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 17,4839                     | 2,4839                      | 2,00            | 56,63   | 2,59             | 73,45   | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,4434                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.10.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Segundo piso, Neonatología

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,8742                     | 2,8742                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,8337                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,8533                     | 2,8533                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,8128                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,7745                     | 2,7745                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,7340                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,7619                     | 2,7619                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,7214                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,6352                     | 2,6352                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,6226                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,6129                     | 2,6129                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,6003                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,5400                     | 2,5400                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,4995                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| I-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,5122                     | 2,5122                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,4717                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| J-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,4906                     | 2,4906                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,4501                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.11.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Tercer piso, Medicina 3

| Tramo   | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|---------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|         | m              | pie   | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 2A'-3A' | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 18,0651                     | 3,0651                      | 24,50           | 693,77 | 31,78            | 899,81 | 2 1/2"           | 0,1550                | 0,0229                  | 18,0422                    | Diámetro correcto | 1"-21/2"             | 21/2"                     |
| 3A'-A   | 17,00          | 55,77 | 83,66             | 18,0422                     | 3,0422                      | 8,90            | 252,02 | 11,54            | 326,87 | 1 1/2"           | 0,2801                | 0,2343                  | 17,8079                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/2"           | 11/2"                     |
| A-B     | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 17,8079                     | 2,8079                      | 8,80            | 249,19 | 11,41            | 323,20 | 1 1/2"           | 0,2746                | 0,0405                  | 17,7674                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/2"           | 11/2"                     |
| B-C     | 6,40           | 21,00 | 31,50             | 17,7674                     | 2,7674                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,5321                | 0,1676                  | 17,5998                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| C-1     | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 17,5998                     | 2,5998                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,5321                | 0,0393                  | 17,5605                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| 1-a     | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 17,5605                     | 2,5605                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,5321                | 0,0262                  | 17,5343                    | Diámetro correcto | 1/2"-11/4"           | 11/4"                     |
| a-b     | 4,20           | 13,78 | 20,67             | 17,5343                     | 2,5343                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0956                  | 17,4387                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |

**Tabla 4.4.5.12.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 3

| Tramo   | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|---------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|         | m              | pie   | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 3A'-4A' | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 18,0422                     | 3,0422                      | 15,60           | 441,75 | 20,23            | 572,94 | 2"               | 0,1978                | 0,0292                  | 18,0130                    | Diámetro correcto | 1"-2"                | 2"                        |
| 4A'-A   | 8,20           | 26,90 | 40,35             | 18,0130                     | 3,0130                      | 15,60           | 441,75 | 20,23            | 572,94 | 2"               | 0,1978                | 0,0798                  | 17,9332                    | Diámetro correcto | 1"-2"                | 2"                        |
| A-B     | 6,70           | 21,98 | 32,97             | 17,9332                     | 2,9332                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,5321                | 0,1754                  | 17,7578                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| B-D     | 1,90           | 6,23  | 9,35              | 17,7578                     | 2,7578                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1 1/4"           | 0,3217                | 0,0301                  | 17,7277                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| D-F     | 7,10           | 23,29 | 34,94             | 17,7277                     | 2,7277                      | 3,75            | 106,19 | 4,86             | 137,73 | 1"               | 0,4127                | 0,1442                  | 17,5835                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| F-3     | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 17,5835                     | 2,5835                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0418                  | 17,5417                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| 3-f     | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 17,5417                     | 2,5417                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0502                  | 17,4915                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| f-j     | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 17,4915                     | 2,4915                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1"               | 0,2821                | 0,0250                  | 17,4665                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |

**Tabla 4.4.5.13.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 3

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-C   | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 17,7578                     | 2,7578                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0567                  | 17,7011                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-E   | 2,80           | 9,19  | 13,78             | 17,7277                     | 2,7277                      | 2,25            | 63,71  | 2,92             | 82,64  | 3/4"             | 0,6737                | 0,0928                  | 17,6349                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-G   | 6,40           | 21,00 | 31,50             | 17,9332                     | 2,9332                      | 7,60            | 215,21 | 9,86             | 279,13 | 1 1/4"           | 0,4855                | 0,1529                  | 17,7803                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| G-H   | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 17,7803                     | 2,7803                      | 2,25            | 63,71  | 2,92             | 82,64  | 3/4"             | 0,6737                | 0,0696                  | 17,7107                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-I   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 17,7803                     | 2,7803                      | 5,35            | 151,50 | 6,94             | 196,49 | 1"               | 0,7644                | 0,0188                  | 17,7615                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| I-J   | 5,40           | 17,72 | 26,57             | 17,7615                     | 2,7615                      | 0,10            | 2,83   | 0,13             | 3,67   | 3/4"             | 0,0190                | 0,0050                  | 17,7564                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| I-K   | 2,40           | 7,87  | 11,81             | 17,7615                     | 2,7615                      | 5,25            | 148,66 | 6,81             | 192,82 | 1"               | 0,7399                | 0,0874                  | 17,6741                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| K-L   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 17,6741                     | 2,6741                      | 2,25            | 63,71  | 2,92             | 82,64  | 3/4"             | 0,6737                | 0,0663                  | 17,6078                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| K-M   | 3,50           | 11,48 | 17,22             | 17,6741                     | 2,6741                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,1907                  | 17,4834                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| M-N   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 17,4834                     | 2,4834                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0332                  | 17,4503                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.14.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 3

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,7011                     | 2,7011                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,6606                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,6349                     | 2,6349                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0418                  | 17,5930                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| H-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,7107                     | 2,7107                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0418                  | 17,6689                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| J-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,7564                     | 2,7564                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,7438                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| L-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,6078                     | 2,6078                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0418                  | 17,5660                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| N-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,4503                     | 2,4503                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,3686                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |



**Tabla 4.4.5.15.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 3

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,6606                     | 2,6606                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,6201                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,6201                     | 2,6201                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,6075                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-c   | 1,10           | 3,61 | 5,41              | 17,5930                     | 2,5930                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0307                  | 17,5624                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| c-d   | 1,70           | 5,58 | 8,37              | 17,4501                     | 2,4501                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0926                  | 17,3575                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| d-e   | 1,90           | 6,23 | 9,35              | 17,3575                     | 2,3575                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0315                  | 17,3260                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4-l   | 1,60           | 5,25 | 7,87              | 17,6689                     | 2,6689                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0446                  | 17,6243                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| l-m   | 1,60           | 5,25 | 7,87              | 17,6243                     | 2,6243                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0872                  | 17,5371                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| m-n   | 1,60           | 5,25 | 7,87              | 17,5371                     | 2,5371                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0265                  | 17,5106                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 5-o   | 2,40           | 7,87 | 11,81             | 17,7438                     | 2,7438                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0202                  | 17,7237                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 6-p   | 1,60           | 5,25 | 7,87              | 17,5660                     | 2,5660                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0446                  | 17,5214                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| p-q   | 1,60           | 5,25 | 7,87              | 17,5214                     | 2,5214                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0872                  | 17,4342                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| q-r   | 1,60           | 5,25 | 7,87              | 17,4342                     | 2,4342                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0265                  | 17,4077                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 7-s   | 2,10           | 6,89 | 10,33             | 17,3686                     | 2,3686                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,1144                  | 17,2542                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| s-t   | 2,70           | 8,86 | 13,29             | 17,2542                     | 2,2542                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0448                  | 17,2094                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.16.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Segundo piso, Medicina 5

| Tramo  | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|--------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|        | m              | pie   | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| A-1A"  | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 18,4903                     | 3,4903                      | 9,80            | 277,51 | 12,71            | 359,93 | 1 1/2"           | 0,3320                | 0,0212                  | 18,4690                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 1A"-2A | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 18,4690                     | 3,4690                      | 9,80            | 277,51 | 12,71            | 359,93 | 1 1/2"           | 0,3320                | 0,0490                  | 18,4200                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2A-A   | 4,40           | 14,44 | 21,65             | 18,4200                     | 3,4200                      | 2,30            | 65,13  | 2,98             | 84,47  | 3/4"             | 0,6976                | 0,1511                  | 18,2689                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B    | 7,30           | 23,95 | 35,93             | 18,2689                     | 3,2689                      | 1,70            | 48,14  | 2,20             | 62,44  | 3/4"             | 0,4137                | 0,1486                  | 18,1203                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-D    | 1,60           | 5,25  | 7,87              | 18,1203                     | 3,1203                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0265                  | 18,0938                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-F    | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 18,0938                     | 3,0938                      | 1,30            | 36,81  | 1,69             | 47,75  | 3/4"             | 0,2640                | 0,0260                  | 18,0678                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-H    | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 18,0678                     | 3,0678                      | 1,20            | 33,98  | 1,56             | 44,07  | 3/4"             | 0,2315                | 0,0114                  | 18,0564                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-J    | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 18,0564                     | 3,0564                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0101                  | 18,0463                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-L    | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 18,0463                     | 3,0463                      | 0,80            | 22,65  | 1,04             | 29,38  | 3/4"             | 0,1166                | 0,0046                  | 18,0417                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| L-N    | 0,60           | 1,97  | 2,95              | 18,0417                     | 3,0417                      | 0,60            | 16,99  | 0,78             | 22,04  | 3/4"             | 0,0728                | 0,0021                  | 18,0396                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| N-O    | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 18,0396                     | 3,0396                      | 0,30            | 8,50   | 0,39             | 11,02  | 3/4"             | 0,0710                | 0,0077                  | 18,0319                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| O-7    | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 18,0319                     | 3,0319                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,9502                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 7-l    | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 17,9502                     | 2,9502                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 0,1069                | 0,0042                  | 17,9460                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| l-m    | 2,50           | 8,20  | 12,30             | 17,9460                     | 2,9460                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0675                  | 17,8785                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| m-n    | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 17,8785                     | 2,8785                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0185                  | 17,8600                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.17.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, segundo piso, Medicina 5

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-C   | 3,30           | 10,83 | 16,24             | 18,1203                     | 3,1203                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0031                  | 18,1172                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-E   | 3,30           | 10,83 | 16,24             | 18,0938                     | 3,0938                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0031                  | 18,0907                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 3,20           | 10,50 | 15,75             | 18,0678                     | 3,0678                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0030                  | 18,0648                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| H-I   | 2,90           | 9,51  | 14,27             | 18,0564                     | 3,0564                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0027                  | 18,0537                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-K   | 1,60           | 5,25  | 7,87              | 18,0463                     | 3,0463                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0015                  | 18,0448                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| L-M   | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 18,0417                     | 3,0417                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0029                  | 18,0388                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| N-P   | 2,80           | 9,19  | 13,78             | 18,0396                     | 3,0396                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0032                  | 18,0364                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-Q   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 18,2689                     | 3,2689                      | 0,60            | 16,99 | 0,78             | 22,04 | 3/4"             | 0,0728                | 0,0029                  | 18,2661                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Q-R   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 18,2661                     | 3,2661                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0007                  | 18,2653                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Q-S   | 11,30          | 37,07 | 55,61             | 18,2661                     | 3,2661                      | 0,40            | 11,33 | 0,52             | 14,69 | 3/4"             | 0,0388                | 0,0216                  | 18,2445                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| S-T   | 4,40           | 14,44 | 21,65             | 18,2445                     | 3,2445                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0041                  | 18,2404                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| S-U   | 4,20           | 13,78 | 20,67             | 18,2445                     | 3,2445                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0048                  | 18,2397                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| U-V   | 4,40           | 14,44 | 21,65             | 18,2397                     | 3,2397                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0041                  | 18,2355                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| U-X   | 0,40           | 1,31  | 1,97              | 18,2397                     | 3,2397                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0004                  | 18,2393                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| X-Y   | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 18,2393                     | 3,2393                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0029                  | 18,2364                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.18.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Segundo piso, Medicina 5

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,1172                     | 3,1172                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,0767                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0907                     | 3,0907                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,0502                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0648                     | 3,0648                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 18,0522                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| I-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0537                     | 3,0537                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,0132                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| K-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0448                     | 3,0448                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,0043                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| M-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0388                     | 3,0388                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,9983                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| P-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0364                     | 3,0364                      | 3,00            | 84,95 | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,9547                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| R-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,2653                     | 3,2653                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,2248                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| T-10  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,2404                     | 3,2404                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 18,2278                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| V-11  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,2355                     | 3,2355                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 18,2229                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| Y-12  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,2364                     | 3,2364                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 18,2238                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.19.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Segundo piso, Medicina 5

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   |                   |                             |                             | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min  |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 1-a   | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 18,0767                     | 3,0767                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0567                  | 18,0200                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 18,0200                     | 3,0200                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0143                  | 18,0058                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-c   | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 18,0502                     | 3,0502                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0567                  | 17,9935                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| c-d   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 17,9935                     | 2,9935                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0143                  | 17,9792                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-e   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 18,0522                     | 3,0522                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0118                  | 18,0404                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 4-f   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 18,0132                     | 3,0132                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0594                  | 17,9538                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| f-g   | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 17,9538                     | 2,9538                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0252                  | 17,9286                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 5-h   | 3,70           | 12,14 | 18,21             | 18,0043                     | 3,0043                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0999                  | 17,9044                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| h-i   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 17,9044                     | 2,9044                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0143                  | 17,8902                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 6-j   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 17,9983                     | 2,9983                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0378                  | 17,9605                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| j-k   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 17,9605                     | 2,9605                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0168                  | 17,9437                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 8-o   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 17,9547                     | 2,9547                      | 3,00            | 84,95 | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0654                  | 17,8893                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| o-p   | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 17,8893                     | 2,8893                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0351                  | 17,8542                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| p-q   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 17,8542                     | 2,8542                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,8416                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 9-r   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 18,2248                     | 3,2248                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0459                  | 18,1789                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| r-s   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 18,1789                     | 3,1789                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0143                  | 18,1647                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.20.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 2A-3A | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 18,4200                     | 3,4200                      | 7,50            | 212,38 | 9,73             | 275,45 | 1 1/4"           | 0,4747                | 0,0701                  | 18,3499                    | Diámetro correcto | 1"-11/4"             | 11/4"                     |
| 3A-A  | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 18,3499                     | 3,3499                      | 1,40            | 39,64  | 1,82             | 51,42  | 3/4"             | 0,2987                | 0,0441                  | 18,3058                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 12,60          | 41,34 | 62,01             | 18,3058                     | 3,3058                      | 0,80            | 22,65  | 1,04             | 29,38  | 3/4"             | 0,1166                | 0,0723                  | 18,2335                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-D   | 3,80           | 12,47 | 18,70             | 18,2335                     | 3,2335                      | 0,60            | 16,99  | 0,78             | 22,04  | 3/4"             | 0,0728                | 0,0136                  | 18,2199                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-F   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 18,2199                     | 3,2199                      | 0,40            | 11,33  | 0,52             | 14,69  | 3/4"             | 0,0388                | 0,0032                  | 18,2167                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 3,50           | 11,48 | 17,22             | 18,2167                     | 3,2167                      | 0,20            | 5,66   | 0,26             | 7,35   | 3/4"             | 0,0190                | 0,0033                  | 18,2134                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-3   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 18,2134                     | 3,2134                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,1729                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-f   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 18,1729                     | 3,1729                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0378                  | 18,1351                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| f-g   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 18,1351                     | 3,1351                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0185                  | 18,1166                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.21.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, Tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-C   | 0,40           | 1,31   | 1,97              | 18,2335                     | 3,2335                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0004                  | 18,2331                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-E   | 2,10           | 6,89   | 10,33             | 18,2199                     | 3,2199                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0020                  | 18,2179                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-H   | 1,80           | 5,91   | 8,86              | 18,2167                     | 3,2167                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0017                  | 18,2150                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-I   | 1,60           | 5,25   | 7,87              | 18,2150                     | 3,2150                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0015                  | 18,2135                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-K   | 11,60          | 38,06  | 57,09             | 18,3058                     | 3,3058                      | 0,60            | 16,99 | 0,78             | 22,04 | 3/4"             | 0,0728                | 0,0416                  | 18,2643                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-2A  | 32,50          | 106,63 | 159,94            | 18,0345                     | 3,0345                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0304                  | 18,0041                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2A-3A | 3,00           | 9,84   | 14,76             | 18,0041                     | 3,0041                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0028                  | 18,0013                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3A-A  | 13,70          | 44,95  | 67,42             | 18,0013                     | 3,0013                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0128                  | 17,9885                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.22.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,2331                     | 3,2331                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,1926                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,2179                     | 3,2179                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,1774                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,2135                     | 3,2135                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 18,2009                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| K-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,2643                     | 3,2643                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 18,2238                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,9885                     | 2,9885                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,9480                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.23.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Tercer piso, Unidad de quemados y Medicina 2

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,90           | 6,23  | 9,35              | 18,1926                     | 3,1926                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0513                  | 18,1413                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 2,60           | 8,53  | 12,80             | 18,1413                     | 3,1413                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0218                  | 18,1195                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-c   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 18,1774                     | 3,1774                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0459                  | 18,1315                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| c-d   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 18,1315                     | 3,1315                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0185                  | 18,1131                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4-h   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 18,2009                     | 3,2009                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0118                  | 18,1891                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 6-j   | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 18,2238                     | 3,2238                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0486                  | 18,1752                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 7-k   | 6,00           | 19,68 | 29,53             | 17,9480                     | 2,9480                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,1620                  | 17,7860                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| k-j   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 17,7860                     | 2,7860                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0168                  | 17,7692                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.24.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 2

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 3A-4A | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 18,3499                     | 3,3499                      | 6,10            | 172,73 | 7,91             | 224,04 | 1 1/4"           | 0,3314                | 0,0489                  | 18,3010                    | Diámetro correcto | 1"-1 1/4"            | 1 1/4"                    |
| 4A-A  | 7,50           | 24,61 | 36,91             | 18,3010                     | 3,3010                      | 6,10            | 172,73 | 7,91             | 224,04 | 1 1/4"           | 0,3314                | 0,1223                  | 18,1787                    | Diámetro correcto | 1"-1 1/4"            | 1 1/4"                    |
| A-C   | 3,10           | 10,17 | 15,26             | 18,1787                     | 3,1787                      | 3,85            | 109,02 | 4,99             | 141,40 | 1"               | 0,4318                | 0,0659                  | 18,1128                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-E   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 18,1128                     | 3,1128                      | 3,75            | 106,19 | 4,86             | 137,73 | 1"               | 0,4127                | 0,0284                  | 18,0844                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| E-I   | 5,80           | 19,03 | 28,54             | 18,0844                     | 3,0844                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0962                  | 17,9882                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-5   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 17,9882                     | 2,9882                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,9065                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 5-i   | 0,40           | 1,31  | 1,97              | 17,9065                     | 2,9065                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0218                  | 17,8847                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| i-j   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 17,8847                     | 2,8847                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0282                  | 17,8565                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.25.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 2

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| A-B   | 0,70           | 2,30  | 3,44              | 18,1787                     | 3,1787                      | 2,25            | 63,71 | 2,92             | 82,64 | 3/4"             | 0,6737                | 0,0232                  | 18,1555                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D   | 5,10           | 16,73 | 25,10             | 18,1128                     | 3,1128                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0048                  | 18,1080                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| E-F   | 1,60           | 5,25  | 7,87              | 18,0844                     | 3,0844                      | 2,25            | 63,71 | 2,92             | 82,64 | 3/4"             | 0,6737                | 0,0530                  | 18,0313                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 0,40           | 1,31  | 1,97              | 18,0313                     | 3,0313                      | 0,75            | 21,24 | 0,97             | 27,55 | 3/4"             | 0,1048                | 0,0021                  | 18,0293                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| F-H   | 0,30           | 0,98  | 1,48              | 18,0313                     | 3,0313                      | 1,50            | 42,48 | 1,95             | 55,09 | 3/4"             | 0,3370                | 0,0050                  | 18,0263                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.26.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 2

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,1555                     | 3,1555                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 3/4"             | 1,8229                | 0,1346                  | 18,0209                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,1080                     | 3,1080                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 18,0954                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| G-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0293                     | 3,0293                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0249                  | 18,0044                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0263                     | 3,0263                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,9446                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |



**Tabla 4.4.5.27.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona A, Cuarto piso, Cirugía 2

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1-a   | 0,80           | 2,62 | 3,94              | 18,0209                     | 3,0209                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 3/4"             | 1,8229                | 0,0718                  | 17,9491                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 1,10           | 3,61 | 5,41              | 17,9491                     | 2,9491                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0599                  | 17,8892                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| b-c   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 17,8892                     | 2,8892                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0166                  | 17,8726                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 2-d   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 18,0954                     | 3,0954                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 18,0828                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 3-f   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 18,0044                     | 3,0044                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0084                  | 17,9960                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 4-g   | 0,90           | 2,95 | 4,43              | 17,9446                     | 2,9446                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0490                  | 17,8956                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| g-h   | 1,90           | 6,23 | 9,35              | 17,8956                     | 2,8956                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0315                  | 17,8641                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.28.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Segundo piso, Medicina 4

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| S3-S4 | 5,10           | 16,73 | 25,10             | 18,0011                     | 3,0011                      | 87,45           | 2476,33 | 113,42           | 3211,79 | 3"               | 0,6345                | 0,1592                  | 17,8419                    | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| S4-S5 | 22,00          | 72,18 | 108,27            | 17,8419                     | 2,8419                      | 57,40           | 1625,40 | 74,45            | 2108,14 | 3"               | 0,3001                | 0,3249                  | 17,5169                    | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| S5-SB | 8,20           | 26,90 | 40,35             | 17,5169                     | 2,5169                      | 57,40           | 1625,40 | 74,45            | 2108,14 | 3"               | 0,3001                | 0,1211                  | 17,3958                    | Diámetro correcto | 11/2"-3"             | 3"                        |
| SB-2B | 6,00           | 19,68 | 29,53             | 17,3958                     | 2,3958                      | 57,40           | 1625,40 | 74,45            | 2108,14 | 3"               | 0,3001                | 0,0886                  | 17,3072                    | Diámetro correcto | 11/2"-3"             | 3"                        |
| 2B-A  | 7,50           | 24,61 | 36,91             | 17,3072                     | 2,3072                      | 3,90            | 110,44  | 5,06             | 143,24  | 1"               | 0,4426                | 0,1634                  | 17,1439                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 9,70           | 31,82 | 47,74             | 17,1439                     | 2,1439                      | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 1"               | 0,2821                | 0,1347                  | 17,0092                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-D   | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 17,0092                     | 2,0092                      | 2,70            | 76,46   | 3,50             | 99,16   | 1"               | 0,2380                | 0,0211                  | 16,9881                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-L   | 8,80           | 28,87 | 43,31             | 16,9881                     | 1,9881                      | 2,20            | 62,30   | 2,85             | 80,80   | 1"               | 0,2380                | 0,1031                  | 16,8850                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| L-M   | 0,70           | 2,30  | 3,44              | 16,8850                     | 1,8850                      | 1,50            | 42,48   | 1,95             | 55,09   | 1"               | 0,2380                | 0,0082                  | 16,8769                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| M-P   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 16,8769                     | 1,8769                      | 1,40            | 39,64   | 1,82             | 51,42   | 1"               | 0,2380                | 0,0164                  | 16,8605                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| P-Q   | 5,10           | 16,73 | 25,10             | 16,8605                     | 1,8605                      | 0,60            | 16,99   | 0,78             | 22,04   | 3/4"             | 0,0728                | 0,0183                  | 16,8422                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Q-S   | 2,30           | 7,55  | 11,32             | 16,8422                     | 1,8422                      | 0,30            | 8,50    | 0,39             | 11,02   | 3/4"             | 0,0234                | 0,0026                  | 16,8395                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| S-11  | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,8395                     | 1,8395                      | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 16,7578                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 11-z  | 2,10           | 6,89  | 10,33             | 16,7578                     | 1,7578                      | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 3/4"             | 1,1069                | 0,1144                  | 16,6434                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| z-aa  | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 16,6434                     | 1,6434                      | 2,00            | 56,63   | 2,59             | 73,45   | 3/4"             | 0,5486                | 0,0540                  | 16,5894                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| aa-ab | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 16,5894                     | 1,5894                      | 1,00            | 28,32   | 1,30             | 36,73   | 3/4"             | 0,1707                | 0,0151                  | 16,5743                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.29.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Segundo piso, Medicina 4

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-C   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 17,0092                     | 2,0092                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0006                  | 17,0086                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-E   | 3,70           | 12,14 | 18,21             | 16,9881                     | 1,9881                      | 0,50            | 14,16 | 0,65             | 18,36 | 3/4"             | 0,0540                | 0,0098                  | 16,9783                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-F   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 16,9783                     | 1,9783                      | 0,40            | 11,33 | 0,52             | 14,69 | 3/4"             | 0,0388                | 0,0021                  | 16,9762                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 16,9762                     | 1,9762                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0005                  | 16,9757                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| F-H   | 2,30           | 7,55  | 11,32             | 16,9762                     | 1,9762                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0026                  | 16,9735                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-I   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 16,9735                     | 1,9735                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0005                  | 16,9731                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-J   | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 16,9731                     | 1,9731                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0012                  | 16,9719                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| H-K   | 3,50           | 11,48 | 17,22             | 16,9735                     | 1,9735                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0033                  | 16,9703                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| L-O   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 16,8850                     | 1,8850                      | 0,70            | 19,82 | 0,91             | 25,71 | 1"               | 0,2380                | 0,0258                  | 16,8593                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| M-N   | 2,30           | 7,55  | 11,32             | 16,8769                     | 1,8769                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0022                  | 16,8747                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| Q-R   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 16,8422                     | 1,8422                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0006                  | 16,8416                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| P-T   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 16,8605                     | 1,8605                      | 0,80            | 22,65 | 1,04             | 29,38 | 1"               | 0,2380                | 0,0117                  | 16,8487                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-U   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 17,1439                     | 2,1439                      | 0,90            | 25,49 | 1,17             | 33,05 | 3/4"             | 0,1433                | 0,0035                  | 17,1403                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| U-V   | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 16,8487                     | 1,8487                      | 0,60            | 16,99 | 0,78             | 22,04 | 3/4"             | 0,0728                | 0,0064                  | 16,8423                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| V-X   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 16,8423                     | 1,8423                      | 0,60            | 16,99 | 0,78             | 22,04 | 3/4"             | 0,0728                | 0,0018                  | 16,8405                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| X-Y   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 16,8423                     | 1,8423                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0006                  | 16,8417                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| X-Z   | 3,50           | 11,48 | 17,22             | 16,8405                     | 1,8405                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0040                  | 16,8365                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| U-AA  | 5,40           | 17,72 | 26,57             | 17,1403                     | 2,1403                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0062                  | 17,1341                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.30.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Segundo piso, Medicina 4

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0086                     | 2,0086                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 16,9269                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9783                     | 1,9783                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,9657                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9757                     | 1,9757                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,9631                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| I-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9731                     | 1,9731                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,9605                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| J-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9719                     | 1,9719                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,9593                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| K-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9703                     | 1,9703                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,9577                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| O-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8593                     | 1,8593                      | 7,00            | 198,22 | 9,08             | 257,09 | 1"               | 1,2202                | 0,0901                  | 16,7692                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| N-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8747                     | 1,8747                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,8621                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| R-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8416                     | 1,8416                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 16,7599                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| T-10  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8487                     | 1,8487                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,5041                | 0,0372                  | 16,8115                    | Diámetro correcto | 1"-11/4"             | 11/4"                     |
| Y-12  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8417                     | 1,8417                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 16,7600                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Z-13  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8365                     | 1,8365                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 16,7548                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AA-14 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,1341                     | 2,1341                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,0524                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.31.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Segundo piso, Medicina 4

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 16,9269                     | 1,9269                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0708                  | 16,8561                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 2,30           | 7,55  | 11,32             | 16,8561                     | 1,8561                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0621                  | 16,7940                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| b-c   | 2,30           | 7,55  | 11,32             | 16,7940                     | 1,7940                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0193                  | 16,7747                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-d   | 4,10           | 13,45 | 20,18             | 16,9657                     | 1,9657                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0344                  | 16,9312                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 3-e   | 2,60           | 8,53  | 12,80             | 16,9577                     | 1,9577                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0218                  | 16,9358                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 4-f   | 2,60           | 8,53  | 12,80             | 16,9605                     | 1,9605                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0218                  | 16,9386                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 5-g   | 2,60           | 8,53  | 12,80             | 16,9593                     | 1,9593                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0218                  | 16,9374                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 6-h   | 2,60           | 8,53  | 12,80             | 16,9577                     | 1,9577                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0218                  | 16,9358                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 7-ao  | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 16,7692                     | 1,7692                      | 7,00            | 198,22 | 9,08             | 257,09 | 1"               | 1,2201                | 0,0300                  | 16,7392                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| ao-j  | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 16,7392                     | 1,7392                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0182                  | 16,7210                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| j-k   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 16,7210                     | 1,7210                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1"               | 0,2821                | 0,0167                  | 16,7043                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| k-l   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 16,7043                     | 1,7043                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0324                  | 16,6719                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| l-m   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 16,6719                     | 1,6719                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0118                  | 16,6602                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| ao-n  | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 16,7392                     | 1,7392                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1"               | 0,2821                | 0,0250                  | 16,7142                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| n-o   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 16,7142                     | 1,7142                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0297                  | 16,6845                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| o-p   | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 16,6845                     | 1,6845                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0109                  | 16,6736                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 9-d   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,7599                     | 1,7599                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 16,6782                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| d-e   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 16,6782                     | 1,6782                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0324                  | 16,6458                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| e-f   | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 16,6458                     | 1,6458                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0109                  | 16,6349                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 10-1' | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 16,8115                     | 1,8115                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,5041                | 0,0248                  | 16,7867                    | Diámetro correcto | 1"-11/4"             | 11/4"                     |
| 1'-q  | 2,80           | 9,19  | 13,78             | 16,7867                     | 1,7867                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0756                  | 16,7111                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| q-r   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 16,7111                     | 1,7111                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0092                  | 16,7019                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 1'-2' | 5,40           | 17,72 | 26,57             | 16,7867                     | 1,7867                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1 1/4"           | 0,3217                | 0,0855                  | 16,7012                    | Diámetro correcto | 1"-11/4"             | 11/4"                     |
| 2'-s  | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 16,7012                     | 1,7012                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0135                  | 16,6877                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| s-t   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 16,6877                     | 1,6877                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0101                  | 16,6776                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2'-3' | 0,70           | 2,30  | 3,44              | 16,7012                     | 1,7012                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0159                  | 16,6853                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3'-u  | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 16,6853                     | 1,6853                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0135                  | 16,6718                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

Continuación de la Tabla 4.4.5.31

|       |      |       |       |         |        |      |       |      |        |      |        |        |         |                   |           |       |
|-------|------|-------|-------|---------|--------|------|-------|------|--------|------|--------|--------|---------|-------------------|-----------|-------|
| u-v   | 1,20 | 3,94  | 5,91  | 16,6718 | 1,6718 | 1,00 | 28,32 | 1,30 | 36,73  | 3/4" | 0,1707 | 0,0101 | 16,6617 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| 3'-x  | 3,00 | 9,84  | 14,76 | 16,6853 | 1,6853 | 2,00 | 56,63 | 2,59 | 73,45  | 3/4" | 0,5486 | 0,0810 | 16,6043 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| x-y   | 1,20 | 3,94  | 5,91  | 16,6043 | 1,6043 | 1,00 | 28,32 | 1,30 | 36,73  | 3/4" | 0,1707 | 0,0101 | 16,5942 | Diámetro correcto | 1/2"-3/4" | 3/4"  |
| 12-ac | 1,30 | 4,27  | 6,40  | 16,7600 | 1,7600 | 3,00 | 84,95 | 3,89 | 110,18 | 3/4" | 1,1069 | 0,0708 | 16,6892 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| ac-ad | 1,50 | 4,92  | 7,38  | 16,6892 | 1,6892 | 2,00 | 56,63 | 2,59 | 73,45  | 3/4" | 0,5486 | 0,0405 | 16,6487 | Diámetro correcto | 1/2"-3/4" | 3/4"  |
| ad-ae | 1,60 | 5,25  | 7,87  | 16,6487 | 1,6487 | 1,00 | 28,32 | 1,30 | 36,73  | 3/4" | 0,1707 | 0,0134 | 16,6353 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| 13-af | 1,30 | 4,27  | 6,40  | 16,7548 | 1,7548 | 3,00 | 84,95 | 3,89 | 110,18 | 3/4" | 1,1069 | 0,0708 | 16,6839 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| af-aj | 1,50 | 4,92  | 7,38  | 16,6839 | 1,6839 | 2,00 | 56,63 | 2,59 | 73,45  | 3/4" | 0,5486 | 0,0405 | 16,6434 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| aj-ak | 3,60 | 11,81 | 17,72 | 16,6434 | 1,6434 | 1,00 | 28,32 | 1,30 | 36,73  | 3/4" | 0,1707 | 0,0302 | 16,6132 | Diámetro correcto | 1/2"-3/4" | 3/4"  |
| 14-ap | 0,50 | 1,64  | 2,46  | 17,0524 | 2,0524 | 3,00 | 84,95 | 3,89 | 110,18 | 3/4" | 1,1069 | 0,0272 | 17,0252 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| ap-am | 1,30 | 4,27  | 6,40  | 17,0252 | 2,0252 | 2,00 | 56,63 | 2,59 | 73,45  | 3/4" | 0,5486 | 0,0351 | 16,9901 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| am-an | 2,10 | 6,89  | 10,33 | 16,9901 | 1,9901 | 1,00 | 28,32 | 1,30 | 36,73  | 3/4" | 0,1707 | 0,0176 | 16,9724 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| ap-al | 1,10 | 3,61  | 5,41  | 17,0252 | 2,0252 | 1,00 | 28,32 | 1,30 | 36,73  | 3/4" | 0,1707 | 0,0092 | 17,0159 | Diámetro correcto | 1/2"-3/4" | 3/4"  |

Tabla 4.4.5.32. Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Tercer piso, Medicina 1

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   |                   |                             |                             | pie             | PulgHg  | PulgHg           | SCFM    |                  |                       |                         |                            |                   |                      |                           |
| 2B-3B | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 17,3072                     | 2,3072                      | 53,50           | 1514,97 | 69,39            | 1964,90 | 3"               | 0,2737                | 0,0404                  | 17,2668                    | Diámetro correcto | 1 1/2"-3"            | 3"                        |
| 3B-A  | 3,60           | 11,81 | 17,72             | 17,2668                     | 2,2668                      | 1,90            | 53,80   | 2,46             | 69,78   | 3/4"             | 0,5007                | 0,0887                  | 17,1781                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 10,30          | 33,79 | 50,69             | 17,1781                     | 2,1781                      | 0,90            | 25,49   | 1,17             | 33,05   | 3/4"             | 0,1433                | 0,0726                  | 17,1055                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-D   | 5,20           | 17,06 | 25,59             | 17,1055                     | 2,1055                      | 0,60            | 16,99   | 0,78             | 22,04   | 3/4"             | 0,0728                | 0,0186                  | 17,0868                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-F   | 7,60           | 24,93 | 37,40             | 17,0868                     | 2,0868                      | 0,30            | 8,50    | 0,39             | 11,02   | 3/4"             | 0,0710                | 0,0266                  | 17,0603                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-3   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 17,0603                     | 2,0603                      | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 16,9786                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-g   | 2,80           | 9,19  | 13,78             | 16,9786                     | 1,9786                      | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 3/4"             | 1,1069                | 0,1525                  | 16,8261                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| g-h   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 16,8261                     | 1,8261                      | 2,00            | 56,63   | 2,59             | 73,45   | 3/4"             | 0,5486                | 0,0243                  | 16,8018                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| h-i   | 0,60           | 1,97  | 2,95              | 16,8018                     | 1,8018                      | 1,00            | 28,32   | 1,30             | 36,73   | 3/4"             | 0,1707                | 0,0050                  | 16,7967                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.33.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Tercer piso, Medicina 1

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-C   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 17,1055                     | 2,1055                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0014                  | 17,1041                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-E   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 17,0868                     | 2,0868                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0014                  | 17,0855                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-G   | 7,80           | 25,59 | 38,39             | 17,1781                     | 2,1781                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0655                  | 17,1126                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-H   | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 17,1126                     | 2,1126                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0015                  | 17,1111                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-I   | 6,10           | 20,01 | 30,02             | 17,1126                     | 2,1126                      | 0,70            | 19,82 | 0,91             | 25,71 | 3/4"             | 0,0947                | 0,0284                  | 17,0842                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-J   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 17,0842                     | 2,0842                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 3/4"             | 0,0234                | 0,0012                  | 17,0830                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-K   | 6,10           | 20,01 | 30,02             | 17,0842                     | 2,0842                      | 0,40            | 11,33 | 0,52             | 14,69 | 3/4"             | 0,0388                | 0,0116                  | 17,0725                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| K-L   | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 17,0725                     | 2,0725                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0012                  | 17,0713                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| K-M   | 6,50           | 21,33 | 31,99             | 17,0725                     | 2,0725                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0061                  | 17,0664                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.34.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Tercer piso, Medicina 1

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,1041                     | 2,1041                      | 3,00            | 84,95 | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,0224                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0855                     | 2,0855                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,0038                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,1111                     | 2,1111                      | 3,00            | 84,95 | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,0294                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0830                     | 2,0830                      | 3,00            | 84,95 | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0817                  | 17,0013                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| L-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0713                     | 2,0713                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,0308                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| M-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0664                     | 2,0664                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,0259                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.35.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Tercer piso, Medicina 1

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 17,0224                     | 2,0224                      | 3,00            | 84,95 | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0545                  | 16,9679                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 16,9679                     | 1,9679                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0297                  | 16,9382                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| b-c   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 16,9382                     | 1,9382                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0084                  | 16,9298                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-d   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 17,0038                     | 2,0038                      | 3,00            | 84,95 | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0545                  | 16,9493                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| d-e   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 16,9493                     | 1,9493                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0297                  | 16,9196                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| e-f   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 16,9196                     | 1,9196                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0084                  | 16,9112                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 4-j   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 17,0294                     | 2,0294                      | 3,00            | 84,95 | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0545                  | 16,9749                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| j-k   | 1,90           | 6,23  | 9,35              | 16,9749                     | 1,9749                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0513                  | 16,9236                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| k-l   | 1,60           | 5,25  | 7,87              | 16,9236                     | 1,9236                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0134                  | 16,9102                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 5-m   | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 17,0013                     | 2,0013                      | 3,00            | 84,95 | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0708                  | 16,9305                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| m-n   | 1,60           | 5,25  | 7,87              | 16,9305                     | 1,9305                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0432                  | 16,8873                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| n-o   | 1,60           | 5,25  | 7,87              | 16,8873                     | 1,8873                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0134                  | 16,8738                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 6-p   | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 17,0308                     | 2,0308                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0351                  | 16,9957                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| p-q   | 3,20           | 10,50 | 15,75             | 16,9957                     | 1,9957                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0269                  | 16,9688                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 7-r   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 17,0259                     | 2,0259                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0594                  | 16,9665                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| r-s   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 16,9665                     | 1,9665                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73  | 3/4"             | 0,1707                | 0,0084                  | 16,9581                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.36.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 3B-4B | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 17,2668                     | 2,2668                      | 51,60           | 1461,16 | 66,92            | 1895,12 | 3"               | 0,2489                | 0,0367                  | 17,2301                    | Diámetro correcto | 1 1/2"-3"            | 3"                        |
| 4B-A  | 13,20          | 43,31 | 64,96             | 17,2301                     | 2,2301                      | 31,60           | 894,82  | 40,99            | 1160,58 | 2 1/2"           | 0,2435                | 0,1582                  | 17,0719                    | Diámetro correcto | 1 1/2"-2 1/2"        | 2 1/2"                    |
| A-B   | 5,00           | 16,40 | 24,61             | 17,0719                     | 2,0719                      | 27,60           | 781,55  | 35,80            | 1013,67 | 2 1/2"           | 0,1917                | 0,0472                  | 17,0247                    | Diámetro correcto | 1"-2 1/2"            | 2 1/2"                    |
| B-C   | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 17,0247                     | 2,0247                      | 19,60           | 555,02  | 25,42            | 719,85  | 2 1/2"           | 0,1052                | 0,0062                  | 17,0185                    | Diámetro correcto | 1"-2 1/2"            | 2 1/2"                    |
| C-D   | 4,10           | 13,45 | 20,18             | 17,0185                     | 2,0185                      | 13,60           | 385,11  | 17,64            | 499,49  | 1 1/2"           | 0,5691                | 0,1148                  | 16,9037                    | Diámetro correcto | 1"-1 1/2"            | 1 1/2"                    |
| D-E   | 4,20           | 13,78 | 20,67             | 16,9037                     | 1,9037                      | 7,60            | 215,21  | 9,86             | 279,13  | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0500                  | 16,8537                    | Diámetro correcto | 1"-1 1/2"            | 1 1/2"                    |
| E-F   | 2,80           | 9,19  | 13,78             | 16,8537                     | 1,8537                      | 5,35            | 151,50  | 6,94             | 196,49  | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0333                  | 16,8203                    | Diámetro correcto | 1"-1 1/2"            | 1 1/2"                    |
| F-G   | 6,80           | 22,31 | 33,46             | 16,8203                     | 1,8203                      | 0,10            | 2,83    | 0,13             | 3,67    | 3/4"             | 0,0190                | 0,0064                  | 16,8140                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| G-6   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,8140                     | 1,8140                      | 1,00            | 28,32   | 1,30             | 36,73   | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,8014                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 6-p   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 16,8014                     | 1,8014                      | 1,00            | 28,32   | 1,30             | 36,73   | 3/4"             | 0,1707                | 0,0168                  | 16,7846                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |



**Tabla 4.4.5.37.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| F-H   | 4,30           | 14,11 | 21,16             | 16,8203                     | 1,8203                      | 5,25            | 148,66 | 6,81             | 192,82 | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0512                  | 16,7691                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| H-P   | 0,40           | 1,31  | 1,97              | 16,7691                     | 1,7691                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0048                  | 16,7643                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| 4B-L  | 17,80          | 58,40 | 87,60             | 17,2301                     | 2,2301                      | 20,00           | 566,34 | 25,94            | 734,54 | 2 1/2"           | 0,1090                | 0,0955                  | 17,1346                    | Diámetro correcto | 11/2"-21/2"          | 221/2"                    |
| L-M   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 17,1346                     | 2,1346                      | 10,00           | 283,17 | 12,97            | 367,27 | 1 1/2"           | 0,3441                | 0,0254                  | 17,1092                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| M-N   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 17,1346                     | 2,1346                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1"               | 0,9292                | 0,0686                  | 17,0660                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| M-O   | 8,40           | 27,56 | 41,34             | 17,1092                     | 2,1092                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,1913                  | 16,9179                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| L-I   | 0,40           | 1,31  | 1,97              | 17,1346                     | 2,1346                      | 10,00           | 283,17 | 12,97            | 367,27 | 1 1/2"           | 0,3441                | 0,0068                  | 17,1278                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| I-J   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 17,1278                     | 2,1278                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0319                  | 17,0959                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| I-K   | 4,50           | 14,76 | 22,15             | 17,1278                     | 2,1278                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1"               | 0,9292                | 0,2058                  | 16,9220                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.38.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| P-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7643                     | 1,7643                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0179                  | 16,7465                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| A-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0719                     | 2,0719                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0342                  | 17,0377                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0247                     | 2,0247                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0179                  | 17,0069                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| C-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0185                     | 2,0185                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1"               | 0,9312                | 0,0687                  | 16,9498                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8537                     | 1,8537                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0418                  | 16,8119                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| N-8   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0660                     | 2,0660                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1"               | 0,9292                | 0,0686                  | 16,9974                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| O-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9179                     | 1,9179                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0342                  | 16,8838                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| J-10  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0959                     | 2,0959                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0342                  | 17,0618                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| K-11  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9220                     | 1,9220                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1"               | 0,9292                | 0,0686                  | 16,8534                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.39.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona B, Cuarto piso, Unidad de cuidados intensivos y Cirugía 4

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 7-q   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,7465                     | 1,7465                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0179                  | 16,7286                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| q-r   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 16,7286                     | 1,7286                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0107                  | 16,7179                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| r-s   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 16,7179                     | 1,7179                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0119                  | 16,7060                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| s-t   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 16,7060                     | 1,7060                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 1 1/2"           | 0,2420                | 0,0107                  | 16,6953                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| 1-a   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 17,0377                     | 2,0377                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0378                  | 16,9999                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 1-b   | 0,70           | 2,30  | 3,44              | 17,0377                     | 2,0377                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0189                  | 17,0188                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-c   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 17,0069                     | 2,0069                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0182                  | 16,9886                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| c-d   | 1,90           | 6,23  | 9,35              | 16,9886                     | 1,9886                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0513                  | 16,9373                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-e   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 17,0069                     | 2,0069                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0205                  | 16,9864                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| e-f   | 0,60           | 1,97  | 2,95              | 16,9864                     | 1,9864                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0162                  | 16,9702                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-g   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 16,9498                     | 1,9498                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0182                  | 16,9316                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| g-h   | 1,90           | 6,23  | 9,35              | 16,9316                     | 1,9316                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0513                  | 16,8803                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3-i   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,9498                     | 1,9498                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 16,9093                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 5-m   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 16,8119                     | 1,8119                      | 4,50            | 127,43 | 5,84             | 165,27 | 1"               | 0,5664                | 0,0223                  | 16,7896                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| m-n   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 16,7896                     | 1,7896                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 3/4"             | 1,1069                | 0,0763                  | 16,7133                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| n-o   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 16,7133                     | 1,7133                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09  | 3/4"             | 0,3370                | 0,0282                  | 16,6851                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 8-x   | 0,90           | 2,95  | 4,43              | 16,9974                     | 1,9974                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1"               | 0,9292                | 0,0412                  | 16,9562                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| x-y   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 16,9562                     | 1,9562                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0387                  | 16,9175                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| y-z   | 1,60           | 5,25  | 7,87              | 16,9175                     | 1,9175                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0432                  | 16,8743                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 9-aa  | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 16,8838                     | 1,8838                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0501                  | 16,8337                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| aa-ab | 2,70           | 8,86  | 13,29             | 16,8337                     | 1,8337                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0729                  | 16,7608                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 10-u  | 3,40           | 11,15 | 16,73             | 17,0618                     | 2,0618                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0774                  | 16,9844                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| u-v   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 16,9844                     | 1,9844                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0594                  | 16,9250                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 11-x  | 0,40           | 1,31  | 1,97              | 16,8534                     | 1,8534                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1"               | 0,9292                | 0,0183                  | 16,8352                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| x-y   | 4,80           | 15,75 | 23,62             | 16,8352                     | 1,8352                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,1093                  | 16,7259                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| y-z   | 2,00           | 6,56  | 9,84              | 16,7259                     | 1,7259                      | 2,00            | 56,63  | 2,59             | 73,45  | 3/4"             | 0,5486                | 0,0540                  | 16,6719                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.40.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min   | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| S4-S6 | 39,80          | 130,58 | 195,87            | 17,8419                     | 2,8419                      | 30,050          | 850,93 | 38,97            | 1103,65 | 2 1/2"           | 0,2224                | 0,4356                  | 17,4062                    | Diámetro correcto | 1"-21/2"             | 21/2"                     |
| S6-A  | 7,70           | 25,26  | 37,89             | 17,4062                     | 2,4062                      | 0,850           | 24,07  | 1,10             | 31,22   | 3/4"             | 0,1285                | 0,0487                  | 17,3576                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-C   | 5,70           | 18,70  | 28,05             | 17,3576                     | 2,3576                      | 0,475           | 13,45  | 0,62             | 17,45   | 3/4"             | 0,0500                | 0,0140                  | 17,3435                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D   | 19,60          | 64,30  | 96,46             | 17,3435                     | 2,3435                      | 0,375           | 10,62  | 0,49             | 13,77   | 3/4"             | 0,0353                | 0,0340                  | 17,3095                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-2   | 1,50           | 4,92   | 7,38              | 17,3095                     | 2,3095                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09   | 3/4"             | 0,3370                | 0,0249                  | 17,2846                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-b   | 1,20           | 3,94   | 5,91              | 17,2846                     | 2,2846                      | 1,50            | 42,48  | 1,95             | 55,09   | 3/4"             | 0,3370                | 0,0199                  | 17,2647                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.41.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo, y Ultrasonido

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| A-B   | 5,30           | 17,39 | 26,08             | 17,3576                     | 2,3576                      | 0,375           | 10,62 | 0,49             | 13,77 | 3/4"             | 0,0353                | 0,0092                  | 17,3483                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-E   | 4,10           | 13,45 | 20,18             | 17,3435                     | 2,3435                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0038                  | 17,3397                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.42.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,3483                     | 2,3483                      | 1,50            | 42,48 | 1,95             | 55,09 | 3/4"             | 0,3370                | 0,0249                  | 17,3235                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| E-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,3397                     | 2,3397                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,3271                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.43.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Sótano, Rayos X, Cateterismo y Ultrasonido

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,90           | 6,23 | 9,35              | 17,3235                     | 2,3235                      | 1,50            | 42,48 | 1,95             | 55,09 | 3/4"             | 0,3370                | 0,0315                  | 17,2920                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 3-c   | 2,30           | 7,55 | 11,32             | 17,3271                     | 2,3271                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0193                  | 17,3078                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.44.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Primer piso, Nebulizaciones

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min   | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| S6-SC | 1,60           | 5,25   | 7,87              | 17,4062                     | 2,4062                      | 29,20           | 826,86 | 37,87            | 1072,43 | 2 1/2"           | 0,2117                | 0,0167                  | 17,3896                    | Diámetro correcto | 1"-21/2"             | 21/2"                     |
| SC-1C | 3,00           | 9,84   | 14,76             | 17,3896                     | 2,3896                      | 29,20           | 826,86 | 37,87            | 1072,43 | 2 1/2"           | 0,2117                | 0,0313                  | 17,3583                    | Diámetro correcto | 1"-21/2"             | 21/2"                     |
| 1C-A  | 37,80          | 124,02 | 186,02            | 17,3583                     | 2,3583                      | 0,40            | 11,33  | 0,52             | 14,69   | 3/4"             | 0,0388                | 0,0722                  | 17,2861                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-B   | 1,20           | 3,94   | 5,91              | 17,2861                     | 2,2861                      | 0,20            | 5,66   | 0,26             | 7,35    | 3/4"             | 0,0190                | 0,0011                  | 17,2850                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-2   | 1,50           | 4,92   | 7,38              | 17,2850                     | 2,2850                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73   | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,2724                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.45.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Primer piso, Nebulizaciones

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| A-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,2861                     | 2,2861                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,2735                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.46.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Tercer piso, Transplantes

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min   | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1C-2C | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 17,3583                     | 2,3583                      | 28,80           | 815,53 | 37,35            | 1057,74 | 2 1/2"           | 0,2067                | 0,0305                  | 17,3278                    | Diámetro correcto | 1"-2 1/2"            | 21/2"                     |
| 2C-3C | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 17,3278                     | 2,3278                      | 28,70           | 812,70 | 37,22            | 1054,07 | 2 1/2"           | 0,2054                | 0,0303                  | 17,2975                    | Diámetro correcto | 1"-2 1/2"            | 21/2"                     |
| 3C-A  | 15,00          | 49,21 | 73,82             | 17,2975                     | 2,2975                      | 28,70           | 812,70 | 37,22            | 1054,07 | 2 1/2"           | 0,2054                | 0,1516                  | 17,1459                    | Diámetro correcto | 3/4"-21/2"           | 21/2"                     |
| A-B   | 0,50           | 1,64  | 2,46              | 17,1459                     | 2,1459                      | 24,10           | 682,44 | 31,26            | 885,12  | 2 1/2"           | 0,1507                | 0,0037                  | 17,1421                    | Diámetro correcto | 3/4"-2 1/2"          | 21/2"                     |
| B-D   | 2,50           | 8,20  | 12,30             | 17,1421                     | 2,1421                      | 16,10           | 455,91 | 20,88            | 591,31  | 2"               | 0,2093                | 0,0258                  | 17,1164                    | Diámetro correcto | 3/4"-2"              | 2"                        |
| D-F   | 4,90           | 16,08 | 24,11             | 17,1164                     | 2,1164                      | 8,10            | 229,37 | 10,51            | 297,49  | 1 1/4"           | 0,5438                | 0,1311                  | 16,9853                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| F-G   | 8,10           | 26,57 | 39,86             | 16,9853                     | 1,9853                      | 0,10            | 2,83   | 0,13             | 3,67    | 3/4"             | 0,0190                | 0,0076                  | 16,9777                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| G-4   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,9777                     | 1,9777                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73   | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 16,9651                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| 4-c   | 2,20           | 7,22  | 10,83             | 16,9651                     | 1,9651                      | 1,00            | 28,32  | 1,30             | 36,73   | 3/4"             | 0,1707                | 0,0185                  | 16,9466                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.47.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Tercer piso, Transplantes

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-C   | 4,40           | 14,44 | 21,65             | 17,1421                     | 2,1421                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,5321                | 0,1152                  | 17,0269                    | Diámetro correcto | 1/2"-11/4"           | 1 1/4"                    |
| D-E   | 4,40           | 14,44 | 21,65             | 17,1164                     | 2,1164                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,5321                | 0,1152                  | 17,0012                    | Diámetro correcto | 1/2"-11/4"           | 1 1/4"                    |
| F-H   | 6,30           | 20,67 | 31,00             | 16,9853                     | 1,9853                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,5321                | 0,1650                  | 16,8203                    | Diámetro correcto | 1/2"-11/4"           | 1 1/4"                    |
| A-I   | 6,40           | 21,00 | 31,50             | 17,1459                     | 2,1459                      | 4,60            | 130,26 | 5,97             | 168,94 | 1"               | 0,5885                | 0,1854                  | 16,9605                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |
| I-J   | 4,20           | 13,78 | 20,67             | 16,9605                     | 1,9605                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0956                  | 16,8649                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |

**Tabla 4.4.5.48.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Tercer piso, Transplantes

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | Pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0269                     | 2,0269                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,1152                | 0,0085                  | 17,0184                    | Diámetro correcto | 1/2"-11/4"           | 1 1/4"                    |
| E-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0012                     | 2,0012                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,1152                | 0,0085                  | 16,9927                    | Diámetro correcto | 1/2"-11/4"           | 1 1/4"                    |
| H-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8203                     | 1,8203                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,1152                | 0,0085                  | 16,8118                    | Diámetro correcto | 1/2"-11/4"           | 1 1/4"                    |
| J-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8649                     | 1,8649                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0342                  | 16,8307                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |

**Tabla 4.4.5.49.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Zona C, Tercer piso, Transplantes

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1-a   | 2,10           | 6,89 | 10,33             | 17,0184                     | 2,0184                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,3370                | 0,0348                  | 16,9836                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| 2-b   | 2,10           | 6,89 | 10,33             | 16,9927                     | 1,9927                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,3370                | 0,0348                  | 16,9578                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| 3-d   | 2,10           | 6,89 | 10,33             | 16,8118                     | 1,8118                      | 8,00            | 226,54 | 10,38            | 293,82 | 1 1/4"           | 0,3370                | 0,0348                  | 16,7770                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| 5-e   | 2,10           | 6,89 | 10,33             | 16,8307                     | 1,8307                      | 4,00            | 113,27 | 5,19             | 146,91 | 1"               | 0,4627                | 0,0478                  | 16,7829                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |

**Tabla 4.4.5.50.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Zona C, Cuarto piso, Salas de Operación y Recuperación

| Tramo     | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |         | Caudal de diseño |         | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-----------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|           | m              | pie   | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min   | SCFM             | l/min   | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 1C"-1C''' | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 17,3376                     | 2,3376                      | 39,50           | 1118,53 | 51,23            | 1450,72 | 3"               | 0,1546                | 0,0076                  | 17,3300                    | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| 1C'''-4C  | 9,00           | 29,53 | 44,29             | 17,3300                     | 2,3300                      | 39,50           | 1118,53 | 51,23            | 1450,72 | 3"               | 0,1546                | 0,0685                  | 17,2615                    | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| 4C-A      | 15,90          | 52,17 | 78,25             | 17,2615                     | 2,2615                      | 39,50           | 1118,53 | 51,23            | 1450,72 | 3"               | 0,1546                | 0,1210                  | 17,1406                    | Diámetro correcto | 2"-3"                | 3"                        |
| A-B       | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 17,1406                     | 2,1406                      | 34,25           | 969,86  | 44,42            | 1257,90 | 2 1/2"           | 0,2807                | 0,0414                  | 17,0991                    | Diámetro correcto | 1 1/2"-2 1/2"        | 2 1/2"                    |
| B-C       | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 17,0991                     | 2,0991                      | 22,5833         | 639,49  | 29,29            | 829,42  | 2 1/2"           | 0,1345                | 0,0079                  | 17,0912                    | Diámetro correcto | 1"-2 1/2"            | 2 1/2"                    |
| C-E       | 9,20           | 30,18 | 45,28             | 17,0912                     | 2,0912                      | 22,00           | 622,98  | 28,53            | 808,00  | 2 1/2"           | 0,1283                | 0,0581                  | 17,0331                    | Diámetro correcto | 1"-2 1/2"            | 2 1/2"                    |
| E-J       | 7,30           | 23,95 | 35,93             | 17,0331                     | 2,0331                      | 19,0833         | 540,38  | 24,75            | 700,87  | 2 1/2"           | 0,1002                | 0,0360                  | 16,9971                    | Diámetro correcto | 1"-2 1/2"            | 2 1/2"                    |
| J-M       | 5,20           | 17,06 | 25,59             | 16,9971                     | 1,9971                      | 15,00           | 424,76  | 19,45            | 550,91  | 2"               | 0,1850                | 0,0473                  | 16,9498                    | Diámetro correcto | 1"-2"                | 2"                        |
| M-O       | 5,50           | 18,04 | 27,07             | 16,9498                     | 1,9498                      | 9,00            | 254,85  | 11,67            | 330,54  | 1 1/2"           | 0,2856                | 0,0773                  | 16,8724                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| O-8       | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,8724                     | 1,8724                      | 18,00           | 509,71  | 23,35            | 661,09  | 1 1/2"           | 0,9678                | 0,0714                  | 16,8010                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| 8-a       | 1,30           | 4,27  | 6,40              | 16,8010                     | 1,8010                      | 18,00           | 509,71  | 23,35            | 661,09  | 1 1/2"           | 0,9678                | 0,0619                  | 16,7391                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| a-b       | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 16,7391                     | 1,7391                      | 15,00           | 424,76  | 19,45            | 550,91  | 1 1/2"           | 0,6988                | 0,0344                  | 16,7047                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| b-c       | 1,20           | 3,94  | 5,91              | 16,7047                     | 1,7047                      | 12,00           | 339,81  | 15,56            | 440,73  | 1 1/2"           | 0,4721                | 0,0279                  | 16,6768                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| c-d       | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,6768                     | 1,6768                      | 9,00            | 254,85  | 11,67            | 330,54  | 1 1/2"           | 0,2856                | 0,0211                  | 16,6557                    | Diámetro correcto | 3/4"-1 1/2"          | 1 1/2"                    |
| d-e       | 1,80           | 5,91  | 8,86              | 16,6557                     | 1,6557                      | 6,00            | 169,90  | 7,78             | 220,36  | 1 1/4"           | 0,3217                | 0,0285                  | 16,6272                    | Diámetro correcto | 1/2"-1 1/4"          | 1 1/4"                    |
| e-f       | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 16,6272                     | 1,6272                      | 3,00            | 84,95   | 3,89             | 110,18  | 1"               | 0,2821                | 0,0194                  | 16,6078                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |

**Tabla 4.4.5.51.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Zona C, Cuarto piso, Salas de Operación y Recuperación

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| C-D   | 5,00           | 16,40 | 24,61             | 17,0912                     | 2,0912                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0171                  | 17,0741                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| E-F   | 6,00           | 19,68 | 29,53             | 17,3300                     | 2,3300                      | 2,9167          | 82,59  | 3,78             | 107,12 | 3/4"             | 1,0534                | 0,3110                  | 17,0190                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-G   | 1,10           | 3,61  | 5,41              | 17,0190                     | 2,0190                      | 2,3300          | 65,98  | 3,02             | 85,57  | 3/4"             | 0,7134                | 0,0386                  | 16,9803                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-H   | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 16,9803                     | 1,9803                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0645                  | 16,9158                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| F-I   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 17,0190                     | 2,0190                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0048                  | 17,0142                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| J-K   | 5,70           | 18,70 | 28,05             | 16,9971                     | 1,9971                      | 4,0833          | 115,63 | 5,30             | 149,97 | 1"               | 0,4798                | 0,1346                  | 16,8625                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| K-L   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 16,8625                     | 1,8625                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0215                  | 16,8410                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| M-N   | 0,80           | 2,62  | 3,94              | 16,9498                     | 1,9498                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1 1/4"           | 0,3217                | 0,0127                  | 16,9371                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/4"           | 11/4"                     |
| B-P   | 6,50           | 21,33 | 31,99             | 17,0991                     | 2,0991                      | 11,6667         | 330,37 | 15,13            | 428,48 | 1 1/2"           | 0,4502                | 0,1440                  | 16,9551                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| P-Q   | 5,90           | 19,36 | 29,04             | 16,9551                     | 1,9551                      | 2,9167          | 82,59  | 3,78             | 107,12 | 3/4"             | 1,0534                | 0,3059                  | 16,6493                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Q-R   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,6493                     | 1,6493                      | 2,33            | 65,98  | 3,02             | 85,57  | 3/4"             | 0,7134                | 0,0527                  | 16,5966                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| R-S   | 1,40           | 4,59  | 6,89              | 16,5966                     | 1,5966                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0301                  | 16,5665                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| Q-T   | 2,50           | 8,20  | 12,30             | 16,6493                     | 1,6493                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0085                  | 16,6407                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| P-U   | 1,50           | 4,92  | 7,38              | 16,9551                     | 1,9551                      | 8,75            | 247,77 | 11,35            | 321,36 | 1 1/2"           | 0,2721                | 0,0201                  | 16,9350                    | Diámetro correcto | 1"-11/2"             | 11/2"                     |
| U-V   | 4,60           | 15,09 | 22,64             | 16,9350                     | 1,9350                      | 5,8333          | 165,18 | 7,57             | 214,24 | 1 1/4"           | 0,3072                | 0,0695                  | 16,8655                    | Diámetro correcto | 1"-11/4"             | 11/4"                     |
| V-X   | 2,80           | 9,19  | 13,78             | 16,8655                     | 1,8655                      | 2,33            | 65,98  | 3,02             | 85,57  | 3/4"             | 0,7134                | 0,0983                  | 16,7672                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| X-Y   | 1,70           | 5,58  | 8,37              | 16,7672                     | 1,7672                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0366                  | 16,7306                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| V-Z   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 16,8655                     | 1,8655                      | 2,33            | 65,98  | 3,02             | 85,57  | 3/4"             | 0,7134                | 0,0351                  | 16,8304                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| Z-AA  | 2,50           | 8,20  | 12,30             | 16,8304                     | 1,8304                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0538                  | 16,7766                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| V-AB  | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 16,8655                     | 1,8655                      | 1,1670          | 33,05  | 1,51             | 42,86  | 3/4"             | 0,2190                | 0,0323                  | 16,8332                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AB-AC | 4,80           | 15,75 | 23,62             | 16,8332                     | 1,8332                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0164                  | 16,8168                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AB-AD | 4,10           | 13,45 | 20,18             | 16,8332                     | 1,8332                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0140                  | 16,8191                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| U-AE  | 7,50           | 24,61 | 36,91             | 16,9350                     | 1,9350                      | 2,9167          | 82,59  | 3,78             | 107,12 | 1"               | 0,2686                | 0,0991                  | 16,8359                    | Diámetro correcto | 3/4"-1"              | 1"                        |
| AE-AE | 7,10           | 23,29 | 34,94             | 16,8359                     | 1,8359                      | 2,33            | 65,98  | 3,02             | 85,57  | 3/4"             | 0,7134                | 0,2493                  | 16,5866                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AG-AH | 2,40           | 7,87  | 11,81             | 16,5866                     | 1,5866                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0516                  | 16,5350                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AE-AF | 5,50           | 18,04 | 27,07             | 16,8359                     | 1,8359                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0188                  | 16,8171                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| A-AI  | 5,25           | 17,22 | 25,84             | 17,1406                     | 2,1406                      | 5,25            | 148,66 | 6,81             | 192,82 | 1"               | 0,7399                | 0,1912                  | 16,9494                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

Continuación de la Tabla 4.4.5.51

|       |      |       |       |         |        |        |       |      |       |      |        |        |         |                   |           |       |
|-------|------|-------|-------|---------|--------|--------|-------|------|-------|------|--------|--------|---------|-------------------|-----------|-------|
| AI-AJ | 4,10 | 13,45 | 20,18 | 16,9494 | 1,9494 | 2,33   | 65,98 | 3,02 | 85,57 | 3/4" | 0,7134 | 0,1439 | 16,8055 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| AJ-AK | 2,20 | 7,22  | 10,83 | 16,8055 | 1,8055 | 1,75   | 49,55 | 2,27 | 64,27 | 3/4" | 0,4371 | 0,0473 | 16,7581 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| AI-AL | 0,30 | 0,98  | 1,48  | 16,9494 | 1,9494 | 0,5833 | 16,52 | 0,76 | 21,42 | 3/4" | 0,0694 | 0,0010 | 16,9484 | Diámetro correcto | 1/2"-3/4" | 3/4"  |
| AI-AM | 2,90 | 9,51  | 14,27 | 16,9494 | 1,9494 | 2,33   | 65,98 | 3,02 | 85,57 | 3/4" | 0,7134 | 0,1018 | 16,8476 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| AM-AN | 6,80 | 22,31 | 33,46 | 16,8476 | 1,8476 | 1,1667 | 33,04 | 1,51 | 42,85 | 3/4" | 0,2190 | 0,0733 | 16,7743 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| AN-AO | 0,90 | 2,95  | 4,43  | 16,7743 | 1,7743 | 0,5833 | 16,52 | 0,76 | 21,42 | 3/4" | 0,0694 | 0,0031 | 16,7712 | Diámetro correcto | 1/2"-3/4" | 3/4"  |
| AN-AP | 9,30 | 30,51 | 45,77 | 16,7743 | 1,7743 | 0,5833 | 16,52 | 0,76 | 21,42 | 3/4" | 0,0694 | 0,0318 | 16,7425 | Diámetro correcto | 1/2"-3/4" | 3/4"  |
| AM-AQ | 3,40 | 11,15 | 16,73 | 16,8476 | 1,8476 | 1,1667 | 33,04 | 1,51 | 42,85 | 3/4" | 0,2190 | 0,0366 | 16,8109 | Diámetro correcto | -----     | ----- |
| AQ-AR | 0,90 | 2,95  | 4,43  | 16,8109 | 1,8109 | 0,5833 | 16,52 | 0,76 | 21,42 | 3/4" | 0,0694 | 0,0031 | 16,8079 | Diámetro correcto | 1/2"-3/4" | 3/4"  |
| AQ-AS | 9,10 | 29,86 | 44,78 | 16,8109 | 1,8109 | 0,5833 | 16,52 | 0,76 | 21,42 | 3/4" | 0,0694 | 0,0311 | 16,7799 | Diámetro correcto | 1/2"-3/4" | 3/4"  |



**Tabla 4.4.5.52.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Zona C, Cuarto piso, Salas de Operación y Recuperación

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| D-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0741                     | 2,0741                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 17,0690                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| G-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9803                     | 1,9803                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,9752                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| H-3   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9158                     | 1,9158                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0323                  | 16,8836                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| I-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,0142                     | 2,0142                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 17,0091                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| K-5   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8625                     | 1,8625                      | 2,33            | 65,98  | 3,02             | 85,57  | 3/4"             | 0,7134                | 0,0527                  | 16,8098                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| J-6   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8410                     | 1,8410                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0323                  | 16,8087                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| N-7   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9371                     | 1,9371                      | 12,00           | 339,81 | 15,56            | 440,73 | 1 1/2"           | 0,4721                | 0,0348                  | 16,9022                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/2"           | 11/2"                     |
| R-9   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,5966                     | 1,5966                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,5915                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| S-10  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,5665                     | 1,5665                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0323                  | 16,5342                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| T-11  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,6407                     | 1,6407                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,6356                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| X-12  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7672                     | 1,7672                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,7621                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| Y-13  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7306                     | 1,7306                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0323                  | 16,6983                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| Z-14  | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8304                     | 1,8304                      | 2,33            | 65,98  | 3,02             | 85,57  | 3/4"             | 0,7134                | 0,0527                  | 16,7777                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AA-15 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7766                     | 1,7766                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0323                  | 16,7443                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AC-16 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8168                     | 1,8168                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,8116                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AD-17 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8191                     | 1,8191                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,8140                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AG-18 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,5866                     | 1,5866                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,5815                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AH-19 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,5350                     | 1,5350                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0323                  | 16,5027                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AF-20 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7766                     | 1,7766                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,7715                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AJ-21 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8055                     | 1,8055                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,8003                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AK-22 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7581                     | 1,7581                      | 1,75            | 49,55  | 2,27             | 64,27  | 3/4"             | 0,4371                | 0,0323                  | 16,7259                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| AL-23 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,9484                     | 1,9484                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,9433                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AO-24 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7712                     | 1,7712                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,7661                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AP-25 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7425                     | 1,7425                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,7374                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AR-26 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8079                     | 1,8079                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,8027                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |
| AS-27 | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,7799                     | 1,7799                      | 0,5833          | 16,52  | 0,76             | 21,42  | 3/4"             | 0,0694                | 0,0051                  | 16,7747                    | Diámetro correcto | 1/2"-3/4"            | 3/4"                      |

**Tabla 4.4.5.53.** Verificación de los diámetros de las tuberías matrices, Cuarto piso, Salas de Operación y Recuperación

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| 7-g   | 1,00           | 3,28 | 4,92              | 16,9022                     | 1,9022                      | 12,00           | 339,81 | 15,56            | 440,73 | 1 1/2"           | 0,4721                | 0,0232                  | 16,8790                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/2"           | 11/2"                     |
| g-h   | 1,20           | 3,94 | 5,91              | 16,8790                     | 1,8790                      | 9,00            | 254,85 | 11,67            | 330,54 | 1 1/2"           | 0,2856                | 0,0169                  | 16,8621                    | Diámetro correcto | 3/4"-11/2"           | 11/2"                     |
| h-i   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 16,8621                     | 1,8621                      | 6,00            | 169,90 | 7,78             | 220,36 | 1 1/4"           | 0,3217                | 0,0237                  | 16,8384                    | Diámetro correcto | 1/2"-11/4"           | 11/4"                     |
| i-j   | 1,40           | 4,59 | 6,89              | 16,8384                     | 1,8384                      | 3,00            | 84,95  | 3,89             | 110,18 | 1"               | 0,2821                | 0,0194                  | 16,8190                    | Diámetro correcto | 1/2"-1"              | 1"                        |

**Tabla 4.4.5.54.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, Tercer piso, Procedimientos y Toma de muestras, Especialidades médicas

| Tramo   | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|---------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|         | m              | pie    | pie               | PulgHg                      | PulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| S1-SEM  | 86,85          | 284,94 | 427,41            | 19,0000                     | 4,0000                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 1"               | 0,2380                | 1,0172                  | 17,9828                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| SEM-3EM | 9,00           | 29,53  | 44,29             | 17,9828                     | 2,9828                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 1"               | 0,2380                | 0,1054                  | 17,8774                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 3EM-A   | 58,33          | 191,37 | 287,06            | 17,8774                     | 2,8774                      | 0,30            | 8,50  | 0,39             | 11,02 | 1"               | 0,2380                | 0,6832                  | 17,1942                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-C     | 3,73           | 12,24  | 18,36             | 17,1942                     | 2,1942                      | 0,20            | 5,66  | 0,26             | 7,35  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0035                  | 17,1907                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-2     | 1,50           | 4,92   | 7,38              | 17,1907                     | 2,1907                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0405                  | 17,1502                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| 2-a     | 0,35           | 1,15   | 1,72              | 17,1502                     | 2,1502                      | 2,00            | 56,63 | 2,59             | 73,45 | 3/4"             | 0,5486                | 0,0094                  | 17,1407                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b     | 1,18           | 3,87   | 5,81              | 17,1407                     | 2,1407                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0099                  | 17,1308                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.55.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, Tercer piso, Procedimientos y Toma de muestras, Especialidades médicas

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| A-B   | 3,63           | 11,91 | 17,86             | 17,1942                     | 2,1942                      | 0,10            | 2,83  | 0,13             | 3,67  | 3/4"             | 0,0190                | 0,0034                  | 17,1908                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.4.5.56.** Verificación de los diámetros de los bajantes, Tercer piso, Procedimientos y Toma de muestras, Especialidades médicas

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | pulgHg                      | pulgHg                      | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | pulgHg/pie            | pulgHg                  | pulgHg                     |                   |                      |                           |
| B-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 17,1908                     | 2,1908                      | 1,00            | 28,32 | 1,30             | 36,73 | 3/4"             | 0,1707                | 0,0126                  | 17,1782                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

De los cálculos que se realizaron anteriormente, se puede evidenciar que hay varias tuberías, que se deben de cambiar para conseguir una caída de presión mínima, y así evitar tener problemas en el sistema de vacío.

#### **4.5. Sistema de aire industrial**

Una red de aire comprimido industrial no difiere, en mucho a una red de aire comprimido medicado, ya que el método que se utiliza para comprimir aire es el mismo y ambas redes de aire pueden utilizar las tuberías del mismo material. Lo que diferencia una red de aire comprimido industrial a una red de aire comprimido medicado es la calidad del aire y el tipo de compresor.

La calidad del aire industrial es mucho más contaminado que el aire medicado ya que este último es utilizado en personas y en máquinas especiales, el cual debe de cumplir con ciertas características como el punto de rocío, la cantidad mínima de hidrocarburos que éste debe de contener, la ausencia total de agua y aceite presente en la red, entre otras, mientras que el aire industrial es utilizado en máquinas, las que pueden requerir que el aire esté lubricado, es decir que éste debe arrastrar cierta cantidad de aceite para que la máquina o el útil neumático funcione adecuadamente y así evitar el deterioro y desgaste de partes internas, esta cantidad de aceite presente en el aire comprimido industrial así como otras sustancias, son elementos que lo hacen diferente del aire comprimido medicado.

#### 4.5.1. Determinación de la demanda de aire

Para la determinación de la carga total de aire comprimido industrial se utilizó la Figura C.1, en la cual se especifica el consumo de diversas herramientas.

Las herramientas que se utilizan en el equipo generador de vapor, ebanistería, soldadura y electricidad son pistolas de limpiar , y utilizando la tabla anteriormente citada se determinó que para una pistola de limpiar se requiere un flujo de 0,150 m<sup>3</sup>/min (5,3 SCFM). Por otra parte para determinar el consumo del tanque hidroneumático se realiza de la siguiente manera:

Como en el plano se especifica que del compresor de aire comprimido, al tanque hidroneumático, existe una tubería de cobre con un diámetro nominal de 25 mm [1"], se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = A \cdot V \text{ Ecuación 1.}$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/min

A = Área interna del tubo en m<sup>2</sup>

V = Velocidad del fluido en m/s

En la Figura C.2 se puede ver que para una tubería de cobre tipo L, de 25 mm [1"], en la cual se especifica un diámetro exterior de 28,575 mm, con un espesor de pared de 1,270 mm, así el diámetro interno de esta tubería se calcula de la forma como sigue:

$$r_{\text{Interno}} = r_{\text{Externo}} - e$$

Donde:

$r_{\text{Interno}}$  = Radio interno del tubo en mm

$r_{\text{Externo}}$  = Radio externo del tubo en mm

$e$  = Espesor de pared del tubo en mm

Por lo tanto se obtiene que:

$$r_{\text{Interno}} = 14,2875 - 1,270$$

$$r_{\text{Interno}} = 13,0175 \cdot \text{mm}$$

Cuanto mayor es la velocidad de circulación, tanto mayor es la pérdida de presión en el recorrido hasta el punto de aplicación, de manera que existe un límite de velocidad dependiendo del tipo de tubería que ésta sea.<sup>34</sup>

Las velocidades máximas deben ser las siguientes:

- a. Tubería principal: 8 m/s
- b. Tubería secundaria: 10 m/s
- c. Tubería de servicio: 15 m/s
- d. Tuberías de interconexión: 20 a 30 m/s

---

<sup>34</sup> Información obtenida del folleto. Vargas Rojas, Juan. Cálculo de tuberías para aire comprimido. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Como la tubería que va del compresor hacia el tanque hidroneumáticos es una tubería de tipo secundaria se establece que la velocidad a utilizar es de 10 m/s.

Utilizando la Ecuación 1 se calcula el caudal para el tanque hidroneumático:

$$Q = \pi \cdot r_{\text{Interno}}^2 \cdot V$$

$$Q = \pi \cdot 0,0130175^2 \cdot 10$$

$$Q = 0,0053 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{60 \cdot \text{s}}{1 \cdot \text{min}}$$

$$Q = 0,319 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

El caudal de consumo del tanque hidroneumático es de 0,319 m<sup>3</sup>/min (11,3 SCFM).

Para los factores de simultaneidad se utilizó la Figura C.3, en donde se especifican los factores de simultaneidad para las pistolas de soplar o pistolas de limpieza, cuyo factor es de 10%. Para el tanque hidroneumático se utilizó un factor de simultaneidad de 100%, ya que de suma importancia para el hospital, porque este debe de suministrar agua potable a todo el hospital las 24 horas del día.

Ejemplo de cálculo del caudal probable, para la pistola de limpiar que se encuentra en el cuarto generador de vapor

$$Q_{Max} = \frac{SCFM}{Pistola} \cdot f_{Simul\ tan\ eidad} \cdot \# Pistolas$$

$$Q_{Max} = \frac{5,3 \cdot SCFM}{Pistola} \cdot 10\% \cdot 1 \cdot Pistola$$

$$Q_{Max} = 0,53 \cdot SCFM$$

Para el resto de las demás pistolas de limpiar y el tanque hidroneumático se procedió de la misma manera, se suman los caudales para poder obtener el caudal máximo probable para el sistema de aire comprimido industrial. (Ver la Tabla 4.5.1.1 en la página siguiente).

**Tabla 4.5.1.1.** Cálculo de la demanda máxima de aire comprimido industrial para el edificio de hospitalización.

| Nº                                    | Piso | Nombre del servicio  | Aire Industrial |                         |                                    |               |
|---------------------------------------|------|--|-----------------|-------------------------|------------------------------------|---------------|
|                                       |      |  | Consumo en SCFM | Factor de simultaneidad | Número de camas, Cuartos, Entradas | SCFM de aire  |
| 1                                     | S    | Equipo generador de vapor (Pistola de limpieza)              | 5,3             | 10%                     | 1                                  | 0,53          |
| 2                                     | S    | Tanque hidroneumático  | 11,3            | 100%                    | 1                                  | 11,30         |
| 3                                     | 2    | Ebanistería, Soldadura y Electricidad (Pistolas de limpieza) | 5,3             | 10%                     | 6                                  | 3,18          |
| <b>Caudal máximo probable (SCFM)</b>  |      |  |                 |                         |                                    | <b>15,01</b>  |
| <b>Caudal máximo probable (l/min)</b> |      |  |                 |                         |                                    | <b>425,36</b> |

Factor de corrección por altura: 0,0130

Factor de corrección por temperatura: 0,0300

Factor de corrección por HR: 0,0171

Factor de corrección por fugas: 0,0500

Factor de corrección por ampliación: 0,2000

Caudal de diseño (SCFM) 19,66

Caudal de diseño (l/min) 556,84

Compresor a utilizar 19,66

Caudal del compresor (l/min) 556,7142411

Nuevo factor de ampliación 20%



Para poder seleccionar los factores de corrección por altura, temperatura y humedad haga referencia al punto 4.3.1 de la página 91.

Por lo que el caudal o flujo de diseño para poder seleccionar o verificar adecuadamente la capacidad del compresor se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\max} = Q_{\text{tMax Pr otable}} \cdot (1 + f_{\text{Altura}} + f_{\text{Temperatura}} + f_{\text{Humedad}} + f_{\text{Fugas}} + f_{\text{Ampliación}})$$

$$Q_{\max} = 15,01 \cdot (1 + 0,013 + 0,030 + 0,0171 + 0,05 + 0,2)$$

$$Q_{\max} = 19,66 \cdot \text{SCFM}$$

Dado que el compresor que se utiliza para la red de aire comprimido industrial es de 20 SCFM, y además se debe considerar que se ha ampliado la red a otras áreas con fines de limpieza, la capacidad del compresor se encuentra al máximo.

#### **4.5.2. Verificación de los diámetros de las tuberías de aire industrial**

El procedimiento que se sigue para poder verificar los diámetros de las tuberías para el sistema de vacío es igual al procedimiento que se da en el punto 4.3.2.

A continuación se muestran las tablas con los cálculos de los diámetros. Pero primeramente se muestra la tabla de la ruta crítica, esto con el fin de verificar que la caída máxima entre el compresor y la salida de aire que se encuentra más largo del compresor, exista una caída de presión menor a 0,345 bar (5 psi), ya que para el resto de las otras rutas se supone que no debe de existir una caída de presión menor a la que existe en la ruta crítica. Dado el estudio se determinó que la ruta crítica se encuentra en el taller del Servicio de Ingeniería y Mantenimientos del hospital, ya que existe una distancia de 106,9 m.

**Tabla 4.5.1.1.** Verificación de los diámetros de la ruta crítica, taller del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| A-B   | 51,61          | 169,32 | 253,99            | 55,0000                     | 5,0000                      | 3,71            | 105,06 | 4,68             | 105,06 | 3/4"             | 0,0574                | 0,1458                  | 54,8542                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| B-C   | 32,00          | 104,99 | 157,48            | 54,8542                     | 4,8542                      | 3,18            | 90,05  | 4,02             | 117,97 | 3/4"             | 0,0440                | 0,0693                  | 54,7849                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| C-D   | 6,50           | 21,33  | 31,99             | 54,7849                     | 4,7849                      | 1,06            | 30,02  | 1,34             | 39,32  | 1/2"             | 0,0342                | 0,0109                  | 54,7740                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-E   | 11,30          | 37,07  | 55,61             | 54,7740                     | 4,7740                      | 0,53            | 15,01  | 0,67             | 19,66  | 1/2"             | 0,0151                | 0,0084                  | 54,7656                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| E-3   | 1,50           | 4,92   | 7,38              | 54,7656                     | 4,7656                      | 5,30            | 150,01 | 6,69             | 196,62 | 1/2"             | 0,5566                | 0,0411                  | 54,7245                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.5.1.2.** Verificación de los diámetros de las tuberías secundarias, sistema de aire industrial

| Tramo | Longitud Media |        | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie    | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| B-G   | 31,30          | 102,69 | 154,03            | 54,8542                     | 4,8542                      | 0,53            | 15,01  | 0,67             | 18,96  | 3/4"             | 0,0019                | 0,0029                  | 54,8513                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| A-D   | 27,75          | 91,04  | 136,56            | 55,0000                     | 5,0000                      | 11,30           | 319,98 | 14,27            | 419,21 | 1"               | 0,1019                | 0,1392                  | 54,8608                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.5.1.3.** Verificación de los diámetros de los bajantes, sistema de aire industrial

| Tramo | Longitud Media |      | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |        | Caudal de diseño |        | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie  | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min  | SCFM             | l/min  | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| C-1   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,7849                     | 4,7849                      | 21,20           | 600,32 | 26,78            | 758,21 | 3/4"             | 1,2478                | 0,0921                  | 54,6928                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| D-2   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,7740                     | 4,7740                      | 5,30            | 150,08 | 6,69             | 196,62 | 1/2"             | 0,5566                | 0,0411                  | 54,7329                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| G-4   | 1,50           | 4,92 | 7,38              | 54,8513                     | 4,8513                      | 5,30            | 150,08 | 6,69             | 196,62 | 1/2"             | 0,5566                | 0,0411                  | 54,8102                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

**Tabla 4.5.1.4.** Verificación de los diámetros de las tuberías de interconexión, sistema de aire industrial

| Tramo | Longitud Media |       | Longitud Efectiva | Presión al inicio del tramo | Caída de presión disponible | Caudal probable |       | Caudal de diseño |       | Diámetro Tubería | Caída de presión/100' | Caída de presión/ tramo | Presión al final del tramo | Estado            | Cambiar diámetro de: | Nuevo diámetro a utilizar |
|-------|----------------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
|       | m              | pie   | pie               | psi                         | psi                         | SCFM            | l/min | SCFM             | l/min | pulg             | psi/pie               | psi                     | psi                        |                   |                      |                           |
| 1-a   | 1,00           | 3,28  | 4,92              | 54,6928                     | 4,6928                      | 2,12            | 60,03 | 2,68             | 75,82 | 1/2"             | 0,1130                | 0,0056                  | 54,6872                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| a-b   | 3,00           | 9,84  | 14,76             | 54,6872                     | 4,6872                      | 1,59            | 45,02 | 2,01             | 58,99 | 1/2"             | 0,0687                | 0,0101                  | 54,6771                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| b-c   | 5,00           | 16,40 | 24,61             | 54,6771                     | 4,6771                      | 1,06            | 30,02 | 1,34             | 39,32 | 1/2"             | 0,0342                | 0,0084                  | 54,6687                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| c-d   | 4,00           | 13,12 | 19,68             | 54,1006                     | 4,1006                      | 0,53            | 15,01 | 0,67             | 19,66 | 1/2"             | 0,0151                | 0,0030                  | 54,0977                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |
| c-e   | 2,30           | 7,55  | 11,32             | 54,6687                     | 4,6687                      | 0,53            | 15,01 | 0,67             | 19,66 | 1/2"             | 0,0151                | 0,0017                  | 54,6670                    | Diámetro correcto | -----                | -----                     |

De los cálculos que se obtuvieron anteriormente, se puede observar que las tuberías de la red de aire comprimido industrial están bien calculadas.

#### 4.6. Verificación del material de las tuberías

Las tuberías deberán ser de cobre sin costura y del tipo K o L o M (ASTM B88), de cobre sin costura ACR (ASTM B280), o de bronce tipo estándar (Schedule 40). Los tamaños corresponden a buenas prácticas de ingeniería aceptables para la correcta distribución de los volúmenes máximos especificados.<sup>35</sup>

Dado el punto anterior, la red de gases medicinales tanto para la red de aire comprimido medicado, el sistema de vacío como para el sistema de oxígeno, cumple con lo establecido por la norma, ya que en el sistema se utilizan tuberías de cobre tipo K y L.

##### 4.6.1. Verificación de los códigos de colores en las tuberías

Según la norma NFPA 99 los sistemas de gases medicados para los hospitales deben de cumplir con el siguiente código de colores:

**Tabla 4.6.1.1.** Designación de colores estándar, para sistemas de gas y vacío.<sup>36</sup>

| Tipo de gas      | Abreviatura | Colores (Tubería / texto)                       | Presión estándar                         |
|------------------|-------------|---|--|
| Aire medicado    | -----       | Amarillo / Negro                                | 50 psig + 5/-0                           |
| Aire no medicado | -----       | Amarillo con franjas diagonales blancas / Negro | Ninguna                                  |
| Vacío            | -----       | Blanco / Negro                                  | 15 inHg a 30 inHg<br>380 mmHg a 760 mmHg |

<sup>35</sup> Definiciones tomadas de la norma NFPA 99-C 1987.

<sup>36</sup> Datos obtenidos de la norma NFPA 99. Ver figura D.1 en el anexo D, en la página 252.

De la tabla anterior se puede concluir que el sistema cumple en los colores designados para las tuberías, pero no cumple con el color del texto, ya que existen tramos en donde no tienen etiquetas, y ni si quiera presentan texto de ningún color, en el cual se indique el gas que lleva la tubería, ni la presión a la que trabaja el sistema de gases ya sea para aire comprimido medicado, industrial o vacío.

Esta designación de colores es muy importante, ya que en el Hospital existe aire comprimido medicado, aire comprimido industrial y las tuberías de ambos sistemas están pintadas de color amarillo y esto hace que no se distinga cuál tipo de aire es el que transporta la tubería, lo que crea confusión o un choque visual.

#### **4.7. Identificación de las tuberías**

Las tuberías para gases médicos deberán ser fácilmente identificables a través de un correcto etiquetado, por ejemplo: **VACÍO MÉDICO-QUIRÚRGICO**. Dicho etiquetado deberá hacerse por medio de rótulos metálicos, calcomanías, timbres, o marcadores adhesivos, de manera que no puedan quitarse con facilidad. Las etiquetas deben aparecer sobre los tubos a intervalos de no más de 6,1 m (20 pies) y a lo menos una vez sobre cada sala o piso atravesado por la tubería. Las flechas (cuando se empleen) deberán apuntar de los terminales (tomas) hacia la bomba, y del compresor hacia las tomas.<sup>37</sup>

De lo anterior se puede decir que el sistema de gases médicos presenta etiquetas con la designación del sistema específico y con utilización de flechas, ya sea vacío o aire medicado en cierto tramos, pero no presenta etiquetas en partes en donde la tubería atraviesa paredes o pisos.

---

<sup>37</sup> Datos obtenidos de la norma NFPA 99, 1999.

## **4.8. Conclusiones y recomendaciones del proyecto de ingeniería**

### **4.8.1. Conclusiones**

- a. El sistema de aire medicado está por debajo de la capacidad máxima para operar adecuadamente.
- b. Existen tuberías de la red de aire medicado que no son las adecuadas para el transporte de éste, ya que provocan pérdidas mucho mayores, a la caída de presión permitida.
- c. El secador de aire no está en capacidad de manejar la cantidad de aire a ser tratado, pero se encuentran presentando fallas constantes.
- d. Las bombas de vacío están en capacidad de manejar la demanda que se requiere en el hospital, pero de una forma muy ajustada, éstas pueden presentar recalentamientos en estos equipos e incapacidad de asumir un crecimiento imprevisto.
- e. Existen tuberías de la red de vacío que no son las adecuadas para el transporte del aire, ya que provocan pérdidas mucho mayores, a la caída de presión permitida.
- f. Dado que el compresor que se utiliza para la red de aire comprimido industrial es de 20 SCFM, y además se debe considerar que se ha ampliado la red a otras áreas con fines de limpieza, la capacidad del compresor se encuentra al máximo.

- g. Los diámetros que se utilizan en la red de aire comprimido industrial son los adecuados para el transporte del aire.
- h. Los materiales que utilizan tanto la red de aire comprimido medicado, la red de vacío así como la red de aire comprimido industrial, son los adecuados, ya que cumplen con la norma NFPA 99.
- i. El sistema de gases medicados presenta etiquetas con la designación del sistema específico y con utilización de flechas, pero no presenta etiquetas en partes en donde la tubería atraviesa paredes o pisos.

#### **4.8.2. Recomendaciones**

- a. Gestionar ante las autoridades superiores, el financiamiento para la compra de un compresor de aire medicado, con una capacidad mínima de 20 Hp y una descarga de 200 SCFM
- b. Cambiar algunas de las tuberías de aire medicado existentes, por tuberías de diámetro mayor, para tener caídas de presiones menores.
- c. Realizar el análisis correspondiente de las fallas y del tipo de instalación del sistema de secadores, para hacer las correcciones que pongan a estos equipos a un 100% de disponibilidad.
- d. Realizar los trámites necesarios para la compra de una bomba de vacío con una capacidad mínima de 20 Hp.

- e. Cambiar algunas de las tuberías de vacío existentes, por tuberías de diámetro mayor, para tener caídas de presiones menores.
- f. Revisar las tuberías de la red de aire comprimido medicado, para determinar que áreas de la red se están produciendo condensados.
- g. Revisar las tuberías de la red de aire comprimido industrial, para determinar los sectores en donde no llega aire.
- h. Determinar en que partes de las redes de gases médicos y no médicos, no se utilizan tuberías de cobre tipo K, L.
- i. Pintar y etiquetar las tuberías del aire comprimido industrial, con el color respectivo, para así diferenciarla de la red de aire comprimido medicado.



## **Bibliografía**

1. Egea Gil, Pedro. Obtención y aplicaciones industriales del vacío. Barcelona: 1973.
2. National Fire Protection Association. NFPA 99-C. Standard for Health Care Facilities. 1987.
3. National Fire Protection Association. NFPA 99. Standard for Health Care Facilities. 1999.
4. Tabares, Lourival. Administración moderna del mantenimiento. Brasil: Novo Polo, 1999.
5. Valverde Vega, Jorge. Administración de Mantenimiento, Instituto Tecnológico de Costa Ricas, Cartago. Costa Rica. 2004.
6. Vargas Rojas, Juan. Cálculo de tuberías para aire comprimido. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. Costa Rica.

## **Direcciones de Internet:**

1. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/131/htm/elvacio.htm>
2. <http://www.amico.com>
3. <http://www.hill-rom.com>
4. <http://www.donaldson.com/en/compressor/dryers/index.html>

## Apéndices

### Apéndice A. Sistema de aire medicado

#### Estimated Peak Demand for Medical Air

|  | Unit             | Free Air Design Flow in SCFM (LPM) Per Bed | Room     | Outlet   | Simultaneous Usage Factor % |
|--|------------------|--|----------|----------|-----------------------------|
| <b>Anesthetizing Locations</b>                         |                  |  |          |          |                             |
| Special Procedure (Open Heart, Transplant, Orthopedic) | --               | --   | 0.5 (14) | --       | 100                         |
| Major/Outpatient O.R.                                  | --               | --   | 0.5 (14) | --       | 100                         |
| Minor O.R.   | --               | --   | 0.5 (14) | --       | 75                          |
| Cytoscopy/Endoscopy                                    | --               | --   | 1.0 (30) | --       | 10                          |
| Emergency Operating Room                               | --               | --   | 0.5 (14) | --       | 50                          |
| Cardiac Catheterization                                | --               | --   | 0.5 (14) | --       | 50                          |
| Delivery/C-Section Room                                | --               | --   | 0.5 (14) | --       | 100                         |
| <b>Acute Care Locations</b>                            |                  |  |          |          |                             |
| Recovery Room (PACU)                                   | --               | --   | 2.0 (60) | --       | 50                          |
| ICU/CCU/PICU Ventilators <sup>1</sup>                  | 2.0-3.5 (56-100) | --   | 2.0 (60) | --       | 50                          |
| Neonatal ICU (Level II & III)                          | --               | --   | 1.5 (42) | --       | 75                          |
| Emergency Room (Trauma, Cardiac)                       | --               | --   | 2.0 (60) | --       | 25                          |
| <b>Subacute Care Locations</b>                         |                  |  |          |          |                             |
| Respiratory Therapy                                    | --               | 1.0 (30)                                   | --       | --       | 50                          |
| Patient Room   | --               | 0.5 (14)                                   | --       | --       | 10                          |
| Pre-Op Holding   | --               | --   | --       | 1.5 (42) | 10                          |
| ER (Cast Room, O.B./Gyn)                               | --               | --   | --       | 1.0 (30) | 10                          |
| Exam, Treatment, Blood Bank, Donor Room                | --               | --   | 1.0 (30) | --       | 10                          |
| Radiology, Dialysis                                    | --               | --   | --       | 0.5 (14) | 10                          |
| Well Baby Nursery (Level I)                            | --               | --   | --       | 0.5 (14) | 25                          |
| Pulmonary Function Lab                                 | --               | --   | --       | 1.0 (30) | 50                          |
| Birthing/LDRP  | --               | --   | 1.0 (30) | --       | 50                          |
| Stress Test (EEG & EKG)                                | --               | --   | --       | 1.0 (30) | 50                          |
| <b>Other Areas</b>                                     |                  |  |          |          |                             |
| Anesthesia/Nursery Workroom                            | --               | --   | 1.5 (42) | --       | 10                          |
| Autopsy/Morgue   | --               | --   | 1.5 (42) | --       | 10                          |
| Respiratory Workroom                                   | --               | --   | 1.5 (42) | --       | 10                          |
| Equipment Repair                                       | --               | --   | --       | 1.5 (42) | 10                          |
| Medical Laboratory <sup>2</sup> /Pharmacy              | --               | --   | --       | 1.5 (42) | 25                          |

**Notes:**

<sup>1</sup> Based on typical ventilator requirements. For specific ventilator requirements, check with ventilator manufacturer.

<sup>2</sup> Air outlets in laboratories used for analysis, research or teaching should be supplied by a separate compressed air system, not the medical air system.

Figura A.1. Caudales de diseño y factores de simultaneidad para diferentes áreas de un hospital, para una red de aire medicado<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Imagen obtenida de la Guía de diseño de Hill-Rom Medaes.

| <b>Altitude (Feet)</b> | <b>Normal Barometric Pressure (inches Hg)</b> | <b>Multiplier Used for Required SCFM (Hg)</b> |
|------------------------|---|---|
| Sea Level              | 29.92"Hg (760 mmHg)                           | 1.00  |
| 1,000                  | 28.86"Hg (733 mmHg)                           | 1.01  |
| 2,000                  | 27.82"Hg (707 mmHg)                           | 1.03  |
| 3,000                  | 26.82"Hg (681 mmHg)                           | 1.05  |
| 4,000                  | 25.84"Hg (656 mmHg)                           | 1.06  |
| 5,000                  | 24.90"Hg (633 mmHg)                           | 1.08  |
| 6,000                  | 23.98"Hg (609 mmHg)                           | 1.10  |
| 7,000                  | 23.09"Hg (587 mmHg)                           | 1.12  |
| 8,000                  | 22.23"Hg (565 mmHg)                           | 1.15  |
| 9,000                  | 21.39"Hg (543 mmHg)                           | 1.17  |
| 10,000                 | 20.58"Hg (523 mmHg)                           | 1.19  |

Figura A.2. Factor de corrección por altura para sistemas de compresores de aire medicado.<sup>39</sup>

<sup>39</sup> Imagen obtenida de la Guía de diseño de Hill-Rom Medaes.

**Tabla A.1.** Factor de corrección por temperatura<sup>40</sup>

| Temperature correction factor |           |        |
|-------------------------------|-----------|--------|
| Intake Temperature            |           | Factor |
| Degree °C                     | Degree °F |        |
| -46                           | -50       | 0,773  |
| -40                           | -40       | 0,792  |
| -34                           | -30       | 0,811  |
| -28                           | -20       | 0,83   |
| -23                           | -10       | 0,849  |
| -18                           | 0         | 0,867  |
| -9                            | 10        | 0,886  |
| -5                            | 20        | 0,905  |
| -1                            | 30        | 0,925  |
| 4                             | 40        | 0,943  |
| 10                            | 50        | 0,962  |
| 18                            | 60        | 0,981  |
| 22                            | 70        | 1      |
| 27                            | 80        | 1,019  |
| 32                            | 90        | 1,038  |
| 38                            | 100       | 1,057  |
| 43                            | 110       | 1,076  |

<sup>40</sup> Tabla obtenida de los fabricantes de equipos médicos Amico. [www.amico.com](http://www.amico.com)

**Tabla A.2.** Cantidad de granos por libra contenida en el aire de acuerdo con la humedad relativa<sup>41</sup>

| Weight of water vapor in air (gr/lb) |           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Temperature                          |           | %RH |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Degree °C                            | Degree °F | 0%  | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% |
| -1                                   | 30        | 0   | 3   | 5   | 7   | 9   | 12  | 14  | 17  | 19  | 21  |
| 4                                    | 40        | 0   | 4   | 7   | 10  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 24  |
| 10                                   | 50        | 0   | 6   | 10  | 14  | 20  | 26  | 32  | 38  | 42  | 48  |
| 18                                   | 60        | 0   | 8   | 16  | 22  | 30  | 39  | 48  | 54  | 62  | 70  |
| 22                                   | 70        | 0   | 11  | 21  | 34  | 44  | 55  | 66  | 78  | 88  | 100 |
| 27                                   | 80        | 0   | 16  | 30  | 46  | 62  | 78  | 92  | 108 | 125 | 140 |
| 32                                   | 90        | 0   | 21  | 42  | 65  | 85  | 108 | 128 | 158 | 173 | 195 |
| 38                                   | 100       | 0   | 29  | 58  | 87  | 116 | 147 | 176 | 208 |     |     |

**Tabla A.3.** Factor de corrección por humedad relativa<sup>42</sup>

| Moisture content of air |       |
|-------------------------|-------|
| gr/lb                   | vol % |
| 5                       | 0,1   |
| 6                       | 0,15  |
| 8                       | 0,2   |
| 10                      | 0,25  |
| 13                      | 0,3   |
| 17                      | 0,4   |
| 20                      | 0,5   |
| 25                      | 0,6   |
| 30                      | 0,7   |
| 35                      | 0,8   |
| 40                      | 0,9   |
| 50                      | 1     |
| 60                      | 1,25  |
| 70                      | 1,5   |
| 80                      | 1,66  |
| 90                      | 1,83  |

<sup>41</sup> Tabla obtenida de los fabricantes de equipos médicos Amico. [www.amico.com](http://www.amico.com)

<sup>42</sup> Tabla obtenida de los fabricantes de equipos médicos Amico. [www.amico.com](http://www.amico.com)

## Medical Air

| Air Flow<br>(14.7 psig and 68°F) |                                  | Pressure Drop in Pounds per Square Inch (psi)<br>Per 100 Feet of ASTM B819 Type K Copper Pipe<br>For Air at 55 psi gauge pressure and 68°F<br>(nominal pipe sizes are shown in bold) |             |               |           |               |               |
|----------------------------------|----------------------------------|--|-------------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| Liters per<br>Minute<br>LPM      | Cubic Feet<br>per Minute<br>SCFM |  |             |               |           |               |               |
| 10                               | 0.35                             |  | <b>1/2"</b> | <b>3/4"</b>   |           |               |               |
| 20                               | 0.71                             |  | 0.004       | 0.001         |           |               |               |
| 30                               | 1.06                             |  | 0.012       | 0.002         |           |               |               |
| 40                               | 1.41                             |  | 0.023       | 0.005         |           |               |               |
| 50                               | 1.77                             |  | 0.037       | 0.007         |           |               |               |
| 60                               | 2.12                             |  | 0.055       | 0.011         |           |               |               |
| 70                               | 2.47                             |  | 0.075       | 0.015         |           |               |               |
| 80                               | 2.82                             |  | 0.098       | 0.019         |           |               |               |
| 90                               | 3.18                             |  | 0.123       | 0.024         |           |               |               |
| 100                              | 3.53                             |  | 0.151       | 0.029         |           |               |               |
| 120                              | 4.24                             |  | 0.182       | 0.035         |           |               |               |
| 140                              | 4.94                             |  | 0.250       | 0.048         |           |               |               |
| 160                              | 5.65                             |  | 0.327       | 0.063         |           |               |               |
| 180                              | 6.36                             |  | 0.413       | 0.080         |           |               |               |
| 180                              | 6.36                             |  | 0.508       | 0.098         | <b>1"</b> |               |               |
| 200                              | 7.06                             |  | 0.611       | 0.118         | 0.030     |               |               |
| 220                              | 7.77                             |  | 0.723       | 0.139         | 0.035     |               |               |
| 240                              | 8.47                             |  | 0.843       | 0.162         | 0.041     |               |               |
| 260                              | 9.18                             |  | 0.972       | 0.186         | 0.047     |               |               |
| 280                              | 9.89                             |  | 1.108       | 0.212         | 0.054     | <b>1 1/4"</b> |               |
| 300                              | 10.59                            |  | 1.253       | 0.240         | 0.060     | 0.021         |               |
| 350                              | 12.36                            |  | 1.648       | 0.314         | 0.079     | 0.027         |               |
| 400                              | 14.12                            |  | 2.090       | 0.398         | 0.100     | 0.034         |               |
| 450                              | 15.89                            |  | 2.580       | 0.491         | 0.123     | 0.042         |               |
| 500                              | 17.66                            |  | 3.116       | 0.592         | 0.148     | 0.051         | <b>1 1/2"</b> |
| 550                              | 19.42                            |  |             | 0.701         | 0.176     | 0.060         | 0.026         |
| 600                              | 21.19                            |  |             | 0.819         | 0.205     | 0.070         | 0.031         |
| 650                              | 22.95                            |  |             | 0.944         | 0.236     | 0.081         | 0.035         |
| 700                              | 24.72                            |  |             | 1.078         | 0.269     | 0.092         | 0.040         |
| 800                              | 28.25                            |  |             | 1.369         | 0.342     | 0.117         | 0.051         |
| 900                              | 31.78                            |  |             | 1.691         | 0.421     | 0.144         | 0.063         |
| 1000                             | 35.31                            |  |             | 2.044         | 0.509     | 0.174         | 0.076         |
| 1100                             | 38.84                            |  |             | 2.426         | 0.603     | 0.206         | 0.090         |
| 1200                             | 42.37                            |  |             | 2.838         | 0.705     | 0.240         | 0.105         |
| 1300                             | 45.90                            |  |             | 3.279         | 0.814     | 0.277         | 0.121         |
| 1400                             | 49.44                            |  | <b>2"</b>   | 3.750         | 0.929     | 0.317         | 0.138         |
| 1500                             | 52.97                            |  | 0.041       | 4.249         | 1.052     | 0.358         | 0.156         |
| 1600                             | 56.50                            |  | 0.046       |               | 1.182     | 0.402         | 0.175         |
| 1700                             | 60.03                            |  | 0.051       |               | 1.318     | 0.448         | 0.195         |
| 1800                             | 63.56                            |  | 0.056       |               | 1.461     | 0.497         | 0.216         |
| 1900                             | 67.09                            |  | 0.062       | <b>2 1/2"</b> | 1.611     | 0.547         | 0.238         |
| 2000                             | 70.62                            |  | 0.068       | 0.024         | 1.767     | 0.600         | 0.261         |
| 2300                             | 81.21                            |  | 0.087       | 0.031         | 2.276     | 0.772         | 0.335         |
| 2500                             | 88.28                            |  | 0.102       | 0.036         | 2.647     | 0.897         | 0.389         |
| 2700                             | 95.34                            |  | 0.117       | 0.041         | 3.044     | 1.031         | 0.447         |
| 2900                             | 102.40                           |  | 0.132       | 0.047         | <b>3"</b> | 1.173         | 0.508         |
| 3100                             | 109.46                           |  | 0.149       | 0.053         | 0.023     | 1.324         | 0.573         |
| 3300                             | 116.53                           |  | 0.167       | 0.059         | 0.025     | 1.483         | 0.642         |
| 3500                             | 123.59                           |  | 0.186       | 0.065         | 0.028     | 1.649         | 0.714         |
| 3700                             | 130.65                           |  | 0.205       | 0.072         | 0.031     | 1.824         | 0.789         |
| 3900                             | 137.71                           |  | 0.225       | 0.079         | 0.034     | 2.008         | 0.868         |
| 4100                             | 144.77                           |  | 0.247       | 0.087         | 0.037     | 2.199         | 0.950         |
| 4300                             | 151.84                           |  | 0.269       | 0.095         | 0.040     | 2.398         | 1.036         |
| 4500                             | 158.90                           |  | 0.292       | 0.103         | 0.044     | 2.605         | 1.125         |

Figura A.3. Caída de presión por 100 pies de tubería de cobre<sup>43</sup>

<sup>43</sup> Imagen obtenida de la Guía de diseño de Hill-Rom Medaes.

Continuación de la Figura A.3

## Medical Air

Air Flow  
(14.7 psig and 68°F)  
Liters per  
Minute  
LPM

Cubic Feet  
per Minute  
SCFM

Pressure Drop in Pounds per Square Inch (psi)  
Per 100 Feet of ASTM B819 Type K Copper Pipe  
For Air at 55 psi gauge pressure and 68°F  
(nominal pipe sizes are shown in bold)

|       |        |  | <b>2"</b> |               |           |           |
|-------|--------|--|-----------|---------------|-----------|-----------|
| 3100  | 109.46 |  | 0.149     |               |           |           |
| 3300  | 116.53 |  | 0.167     |               |           |           |
| 3500  | 123.59 |  | 0.186     |               |           |           |
| 3700  | 130.65 |  | 0.205     | <b>2 1/2"</b> |           |           |
| 3900  | 137.71 |  | 0.225     | 0.079         |           |           |
| 4100  | 144.77 |  | 0.247     | 0.087         |           |           |
| 4300  | 151.84 |  | 0.269     | 0.095         |           |           |
| 4500  | 158.90 |  | 0.292     | 0.103         |           |           |
| 4700  | 165.96 |  | 0.316     | 0.111         |           |           |
| 4900  | 173.02 |  | 0.340     | 0.119         |           |           |
| 5100  | 180.08 |  | 0.366     | 0.128         |           |           |
| 5300  | 187.15 |  | 0.392     | 0.138         |           |           |
| 5500  | 194.21 |  | 0.419     | 0.147         |           |           |
| 5700  | 201.27 |  | 0.447     | 0.157         | <b>3"</b> |           |
| 5900  | 208.33 |  | 0.476     | 0.167         | 0.071     |           |
| 6000  | 211.86 |  | 0.491     | 0.172         | 0.073     |           |
| 6250  | 220.69 |  | 0.529     | 0.185         | 0.079     |           |
| 6500  | 229.52 |  | 0.567     | 0.199         | 0.085     |           |
| 6750  | 238.35 |  | 0.608     | 0.213         | 0.091     |           |
| 7000  | 247.18 |  | 0.649     | 0.227         | 0.097     |           |
| 7250  | 256.00 |  | 0.692     | 0.242         | 0.103     |           |
| 7500  | 264.83 |  | 0.736     | 0.258         | 0.110     |           |
| 7750  | 273.66 |  | 0.781     | 0.273         | 0.116     |           |
| 8000  | 282.49 |  | 0.790     | 0.290         | 0.123     |           |
| 8250  | 291.31 |  | 0.875     | 0.306         | 0.130     |           |
| 8500  | 300.14 |  | 0.924     | 0.323         | 0.138     |           |
| 8750  | 308.97 |  | 0.974     | 0.341         | 0.145     |           |
| 9000  | 317.80 |  | 1.025     | 0.358         | 0.153     |           |
| 9250  | 326.62 |  | 1.078     | 0.377         | 0.160     |           |
| 9500  | 335.45 |  | 1.132     | 0.395         | 0.168     |           |
| 9750  | 344.28 |  | 1.187     | 0.415         | 0.176     |           |
| 10000 | 353.11 |  | 1.243     | 0.434         | 0.185     |           |
| 10250 | 361.94 |  | 1.300     | 0.454         | 0.193     |           |
| 10500 | 370.76 |  | 1.358     | 0.474         | 0.202     |           |
| 10750 | 379.59 |  | 1.418     | 0.495         | 0.210     | <b>4"</b> |
| 11000 | 388.42 |  | 1.479     | 0.516         | 0.219     | 0.056     |
| 11500 | 406.07 |  | 1.604     | 0.560         | 0.238     | 0.061     |
| 12000 | 423.73 |  | 1.734     | 0.605         | 0.257     | 0.066     |
| 12500 | 441.38 |  | 1.869     | 0.651         | 0.277     | 0.071     |
| 13000 | 459.04 |  | 2.080     | 0.700         | 0.297     | 0.076     |
| 13500 | 476.69 |  | 2.152     | 0.749         | 0.318     | 0.081     |
| 14000 | 494.35 |  | 2.300     | 0.801         | 0.340     | 0.087     |
| 14500 | 512.01 |  | 2.453     | 0.854         | 0.362     | 0.093     |
| 15000 | 529.66 |  | 2.611     | 0.908         | 0.385     | 0.098     |
| 15500 | 547.32 |  | 2.773     | 0.964         | 0.409     | 0.104     |
| 16000 | 564.97 |  | 2.940     | 1.022         | 0.433     | 0.111     |
| 16500 | 582.63 |  |           | 1.081         | 0.458     | 0.117     |
| 17000 | 600.28 |  |           | 1.142         | 0.484     | 0.124     |
| 17500 | 617.94 |  |           | 1.204         | 0.510     | 0.130     |
| 18000 | 635.59 |  |           | 1.268         | 0.537     | 0.137     |
| 18500 | 653.25 |  |           | 1.333         | 0.565     | 0.144     |
| 19000 | 670.90 |  |           | 1.400         | 0.593     | 0.151     |
| 19500 | 688.56 |  |           | 1.468         | 0.622     | 0.158     |

## Specifications and Engineering Data

|          | MODEL         | CAPACITY*<br>SCFM | AP<br>PSI | POWER<br>SUPPLY<br>V/60HZ | REF.<br>COMP.<br>HP | POWER CONSUMPTION – KW |                  |                 | AIR CONNECTION<br>NPT | WEIGHT<br>LB | DIMENSIONS (IN.) |        |       |
|----------|---------------|-------------------|-----------|---------------------------|---------------------|------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|--------------|------------------|--------|-------|
|          |               |                   |           |                           |                     | 100%<br>FULL LOAD      | 50%<br>PART LOAD | 0%<br>ZERO LOAD |                       |              | WIDTH            | HEIGHT | DEPTH |
| COMPACT* | SD 0005 A-60  | 5                 | 1.19      | 115-1 Ph                  | 1/10                | 0.12                   | 0.10             | 0.09            | 3/8"                  | 48           | 14               | 15     | 12    |
|          | SD 0010 A-60  | 10                | 3.37      | 115-1 Ph                  | 1/10                | 0.13                   | 0.11             | 0.10            | 3/8"                  | 51           | 14               | 15     | 12    |
|          | SD 0015 A-60  | 15                | 2.93      | 115-1 Ph                  | 1/8                 | 0.16                   | 0.14             | 0.12            | 1/2"                  | 55           | 14               | 16     | 14    |
|          | SD 0020 A-60  | 20                | 4.90      | 115-1 Ph                  | 3/8                 | 0.17                   | 0.15             | 0.13            | 1/2"                  | 57           | 14               | 16     | 14    |
|          | SD 0030 AP-60 | 30                | 3.81      | 115-1 Ph                  | 1/2                 | 0.25                   | 0.14             | 0.03            | 3/4"                  | 88           | 18               | 20     | 18    |
| CLASSIC  | SD 0040 AP-60 | 40                | 4.69      | 115-1 Ph                  | 1/2                 | 0.26                   | 0.15             | 0.03            | 3/4"                  | 90           | 18               | 20     | 18    |
|          | SD 0050 AP-60 | 50                | 1.76      | 115-1 Ph                  | 3/4                 | 0.39                   | 0.22             | 0.04            | 3/4"                  | 97           | 18               | 20     | 18    |
|          | SD 0060 AP-60 | 60                | 2.20      | 115-1 Ph                  | 1/4                 | 0.40                   | 0.23             | 0.04            | 1"                    | 106          | 24               | 22     | 18    |
|          | SD 0070 AP-60 | 70                | 2.93      | 115-1 Ph                  | 1/2                 | 0.43                   | 0.24             | 0.04            | 1"                    | 110          | 24               | 22     | 18    |
|          | SD 0085 AP-60 | 85                | 3.37      | 115-1 Ph                  | 1/2                 | 0.70                   | 0.39             | 0.07            | 1"                    | 115          | 24               | 22     | 18    |
|          | SD 0100 AP-60 | 100               | 3.95      | 115-1 Ph                  | 1/2                 | 0.75                   | 0.41             | 0.08            | 1"                    | 117          | 24               | 22     | 18    |
|          | SD 0125 AP-60 | 125               | 2.93      | 230-1 Ph                  | 1/2                 | 0.80                   | 0.44             | 0.08            | 1 1/2"                | 154          | 24               | 26     | 24    |
|          | SD 0175 AP-60 | 175               | 3.51      | 230-1 Ph                  | 3/4                 | 1.11                   | 0.61             | 0.11            | 1 1/2"                | 176          | 24               | 26     | 24    |
|          | SD 0200 AP-60 | 200               | 3.66      | 230-1 Ph                  | 3/4                 | 1.13                   | 0.62             | 0.11            | 1 1/2"                | 209          | 24               | 26     | 24    |
|          | SD 0250 AP-60 | 250               | 2.05      | 230-1 Ph                  | 1                   | 1.30                   | 0.72             | 0.13            | 1 1/2"                | 214          | 24               | 26     | 24    |
|          | SD 0300 AP-60 | 300               | 2.78      | 230-1 Ph/480-1 Ph         | 1                   | 1.40                   | 0.78             | 0.14            | 2"                    | 331          | 35               | 48     | 31    |
|          | SD 0400 AP-60 | 400               | 3.08      | 230-1 Ph/480-1 Ph         | 1                   | 1.42                   | 0.78             | 0.14            | 2"                    | 335          | 35               | 48     | 31    |
|          | SD 0450 AP-60 | 450               | 3.96      | 460-3 Ph                  | 2                   | 1.50                   | 0.78             | 0.14            | 2"                    | 366          | 35               | 48     | 31    |
|          | SD 0500 AP-60 | 500               | 4.25      | 460-3 Ph                  | 3                   | 2.50                   | 0.99             | 0.18            | 2"                    | 386          | 35               | 48     | 31    |
|          | SD 0600 AP-60 | 600               | 3.96      | 460-3 Ph                  | 3                   | 2.90                   | 1.54             | 0.28            | 2 1/2"                | 390          | 35               | 48     | 31    |
|          | SD 0700 AP-60 | 700               | 4.25      | 460-3 Ph                  | 4                   | 3.00                   | 1.65             | 0.30            | 2 1/2"                | 397          | 35               | 48     | 31    |
|          | SD 0800 AP-60 | 800               | 3.08      | 460-3 Ph                  | 5                   | 3.40                   | 1.87             | 0.34            | 2 1/2"                | 408          | 35               | 48     | 31    |
|          | SD 0900 AP-60 | 900               | 3.66      | 460-3 Ph                  | 5                   | 3.50                   | 1.98             | 0.36            | 2 1/2"                | 419          | 35               | 48     | 31    |
|          | SD 1000 AP-60 | 1000              | 3.81      | 460-3 Ph                  | 6                   | 4.40                   | 2.20             | 0.40            | 2 1/2"                | 432          | 35               | 48     | 31    |

\* Capacity based on compressed air inlet temperature 100°F, operating pressure 100 psig, ambient temperature 100°F, pressure dew point 38°F, measured at dryer outlet in accordance with DIN ISO 7183/CAGI ADF 100. Ambient temperature: min. 35°F - max. 120°F, max. operating pressure: 250 psig, higher pressure on request; inlet temperature: max. 140°F

\*\*Baron Compact dryers do not include Ultrapulse control or Ultramat Zero-Loss drains. For higher pressures or temperatures refer to Ultrafilter Baron HPD and Conus HTD dryer lines.

## Capacity Correction Factors

### WORKING PRESSURE

|        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PSIG   | 30   | 45   | 60   | 75   | 90   | 100  | 115  | 125  | 145  | 160  | 175  | 190  | 200  | 220  | 250  |
| FACTOR | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.88 | 0.94 | 1.00 | 1.04 | 1.06 | 1.09 | 1.10 | 1.12 | 1.14 | 1.15 | 1.16 | 1.17 |

### DEW POINT

|         |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|
| TEMP °F | 38   | 41   | 45   | 50   | 60   |
| FACTOR  | 1.00 | 1.12 | 1.24 | 1.36 | 1.45 |

### AMBIENT TEMPERATURE

|         |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| TEMP °F | 75   | 85   | 100  | 105  | 115  | 120  |
| FACTOR  | 1.10 | 1.07 | 1.00 | 0.96 | 0.82 | 0.50 |

### COMPRESSED AIR INLET TEMPERATURE

|         |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| TEMP °F | 85   | 100  | 105  | 115  | 120  | 130  | 140  |
| FACTOR  | 1.28 | 1.00 | 0.90 | 0.82 | 0.58 | 0.48 | 0.38 |

To calculate the capacity of a given dryer based on non-standard operating conditions, multiply the standard capacity by the appropriate correction factor(s).

EXAMPLE: Dryer Model: SD 0085 AP-60

Standard Capacity: 85 scfm

Actual Operating Conditions: 130 psig working pressure (cf 1.06)

45°F pdp (cf 1.24)

85°F ambient temperature (cf 1.07)

105°F inlet temperature (cf 0.90)

Adjusted Capacity = 85 scfm x 1.06 x 1.24 x 1.07 x 0.90 = 108 scfm

To choose a dryer based on a given flow at non-standard operating conditions, divide the given capacity by the appropriate correction factor(s).

EXAMPLE: Given Flow: 250 scfm

Actual Operating Conditions: 75 psig working pressure (cf 0.88)

50°F pdp (cf 1.36)

75°F ambient temperature (cf 1.1)

85°F inlet temperature (cf 1.28)

Adjusted Capacity = 250 scfm / 0.88 / 1.36 / 1.1 / 1.28 = 148 scfm

Selected Dryer Model: SD 0175 AP-60



Donaldson Company, Inc.  
Ultrafilter  
3560 Engineering Drive  
Norcross, GA 30092

©2003 Bulletin No. UFSB0100

Toll free: 800.543.3634  
Telephone: 770.448.3363  
Telefax: 770.448.3854  
E-mail: info@ultrafilter-us.com  
Web: www.ultrafilter-us.com



Figura A.4. Especificaciones para la selección de los secadores de aires, marca Donaldson Ultrafilter<sup>44</sup>

<sup>44</sup>Imagen obtenida de la tabla de datos del fabricante de equipos de aire Donaldson Ultrafilter.  
[www.donaldson.com/en/compressor](http://www.donaldson.com/en/compressor)





Figura A.5. Secador de aire Donaldson Ultrafilter

## Apéndice B. Sistema de vacío

### Estimated Peak Demand for Medical Vacuum

|   | Free Air Design Flow in SCFM (LPM) Per Bed | Free Air Design Flow in SCFM (LPM) Per Room | Per Outlet | Simultaneous Usage Factor % |
|---|--|---|------------|-----------------------------|
| <b>Anesthetizing Locations</b>                            |  |   |            |                             |
| Special Procedure (Open-Heart, Transplants, Orthopedics)  | ---  | 4.0 (115)                                   | ---        | 100                         |
| Major/Outpatient O.R.                                     | ---  | 3.5 (100)                                   | ---        | 100                         |
| Minor O.R. (Radiology, Induction)                         | ---  | 1.0 (30)                                    | ---        | 50                          |
| Cystoscopy/Endoscopy                                      | ---  | 2.0 (60)                                    | ---        | 100                         |
| Emergency Operating Room                                  | ---  | 3.0 (85)                                    | ---        | 100                         |
| Waste Anesthetic Gas Disposal*                            | ---  | 1.0 (30)                                    | ---        | 100                         |
| Cardiac Catheterization                                   | ---  | 1.0 (30)                                    | ---        | 10                          |
| Delivery/C-Section Room                                   | ---  | 1.0 (30)                                    | ---        | 100                         |
| <b>Acute Care Locations (Non-Anesthetizing Locations)</b> |  |   |            |                             |
| Recovery Room (PACU)                                      | 3.0 (85)                                   | ---   | ---        | 50                          |
| O.B. Recovery Room  | 2.0 (60)                                   | ---   | ---        | 50                          |
| Intensive Care Units (Except Cardiac)                     | 2.0 (60)                                   | ---   | ---        | 75                          |
| Cardiac Intensive Care Units                              | 2.0 (60)                                   | ---   | ---        | 50                          |
| Neonatal ICU (Level II & III)                             | 1.0 (30)                                   | ---   | ---        | 50                          |
| Emergency Rooms (Cardiac & Trauma)                        | 1.0 (30)                                   | ---   | ---        | 100                         |
| <b>Subacute Care Areas (Non-Anesthetizing Locations)</b>  |  |   |            |                             |
| Respiratory Therapy                                       | ---  | ---   | 1.5 (40)   | 10                          |
| Patient Room-Medical                                      | 1.0 (30)                                   | ---   | ---        | 10                          |
| Patient Room-Surgical                                     | 1.5 (42)                                   | ---   | ---        | 50                          |
| Pre-Op Holding  | 1.0 (30)                                   | ---   | ---        | 10                          |
| ER (Cast Room, OB/Gyn)                                    | 1.0 (30)                                   | ---   | ---        | 50                          |
| Exam, Treatment, Blood Bank, Donor Room                   | ---  | ---   | 1.0 (30)   | 10                          |
| Radiology (X-Ray, CT Scan, MRI), Dialysis                 | 1.5 (42)                                   | ---   | ---        | 25                          |
| Well Baby Nursery (Level I)                               | ---  | ---   | 1.0 (30)   | 10                          |
| Nursery (Premature)                                       | ---  | ---   | 1.0 (30)   | 25                          |
| Birthing/LDRP   | 1.0 (30)                                   | ---   | ---        | 10                          |
| Stress Test (EEG & EKG)                                   | 1.0 (30)                                   | ---   | ---        | 10                          |
| <b>Other Areas</b>  |  |   |            |                             |
| Anesthesia/Nursery Workstation                            | ---  | ---   | 1.5 (42)   | 10                          |
| Autopsy/Morgue  | ---  | ---   | 2.0 (60)   | 20                          |
| Sterile/Central Supply                                    | ---  | ---   | 1.5 (42)   | 10                          |
| Equipment Repairs-Calibration and Teaching                | ---  | ---   | 1.5 (42)   | 10                          |
| Medical Lab/Pharmacy                                      | ---  | ---   | 1.0 (30)   | 10                          |

**Notes:**

<sup>1</sup> The location and number of vacuum terminal units in a system must be determined by consultation with the medical and hospital staff having knowledge of the requirements for and the utilization of vacuum in each space or patient location. Often individual state requirements will dictate specific numbers and locations for vacuum outlets.

<sup>2</sup> The usage factor is a function of the anticipated procedure(s) and apparatus which could be encountered simultaneously and may vary from one facility to another.

\*See CSA Standard CAN/CSA-Z168.8.

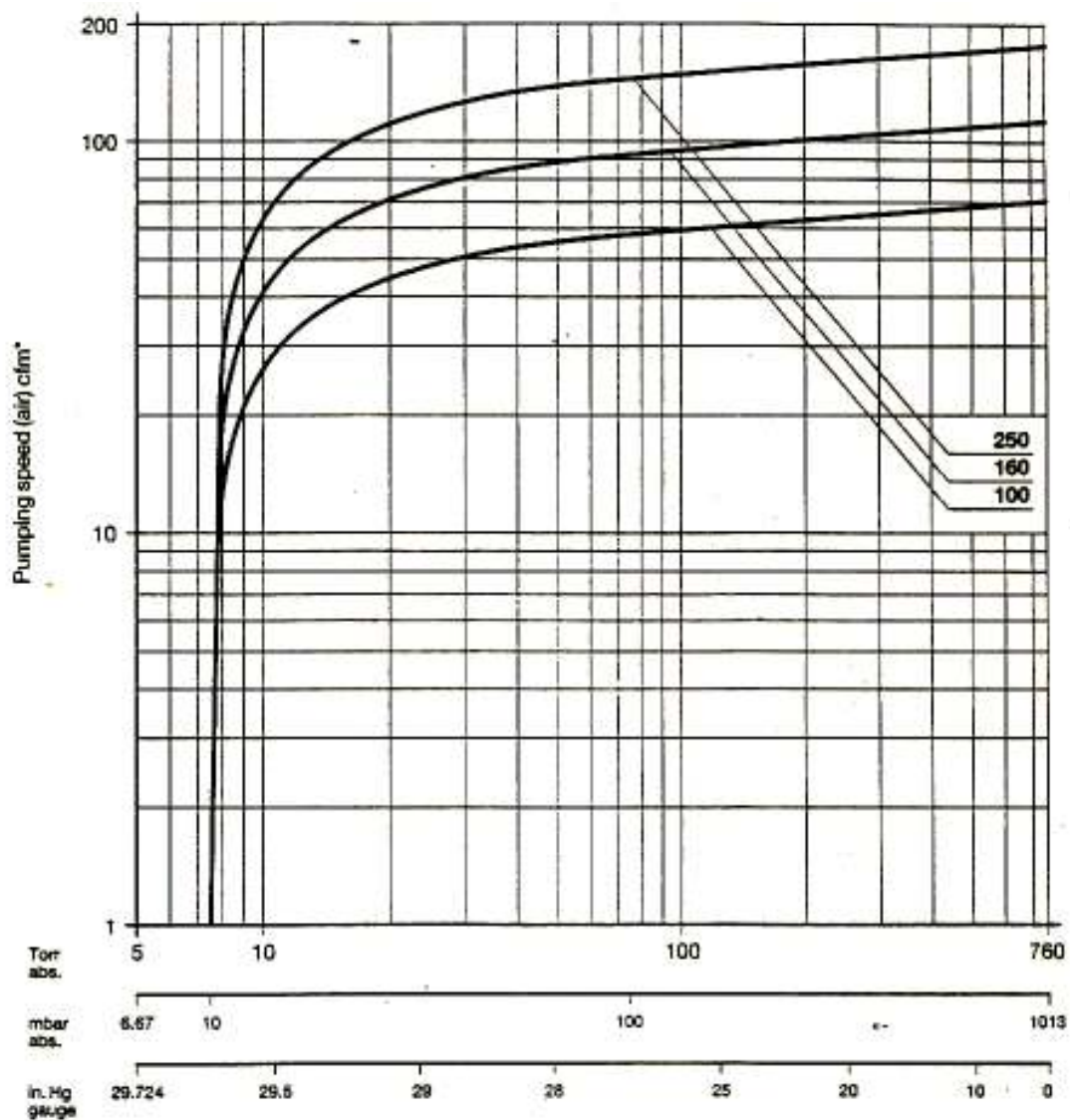
Figura B.1. Caudales de diseño y factores de simultaneidad para diferentes áreas de un hospital, para una red de vacío.<sup>45</sup>

<sup>45</sup> Imagen obtenida de la Guía de diseño de Hill-Rom Medaes.

| <b>Altitude (Feet)</b> | <b>Normal Barometric Pressure (inches Hg)</b> | <b>Multiplier Used for Required SCFM</b> |
|------------------------|---|--|
| Sea Level              | 29.92"Hg (760 mmHg)                           | 1.0                                      |
| 500                    | 29.39"Hg (747 mmHg)                           | 1.02                                     |
| 1,000                  | 28.86"Hg (733 mmHg)                           | 1.04                                     |
| 1,500                  | 28.33"Hg (720 mmHg)                           | 1.06                                     |
| 2,000                  | 27.82"Hg (707 mmHg)                           | 1.08                                     |
| 2,500                  | 27.32"Hg (694 mmHg)                           | 1.10                                     |
| 3,000                  | 26.82"Hg (681 mmHg)                           | 1.12                                     |
| 3,500                  | 26.33"Hg (669 mmHg)                           | 1.14                                     |
| 4,000                  | 25.84"Hg (656 mmHg)                           | 1.16                                     |
| 5,000                  | 24.90"Hg (633 mmHg)                           | 1.20                                     |
| 6,000                  | 23.98"Hg (609 mmHg)                           | 1.25                                     |
| 7,000                  | 23.09"Hg (587 mmHg)                           | 1.30                                     |
| 8,000                  | 22.23"Hg (565 mmHg)                           | 1.35                                     |
| 9,000                  | 21.39"Hg (543 mmHg)                           | 1.40                                     |
| 10,000                 | 20.58"Hg (523 mmHg)                           | 1.45                                     |

Figura B.2. Factor de corrección por altura para sistemas de vacío médico.<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Imagen obtenida de la Guía de diseño de Hill-Rom Medaes.



curves conform to PNEUROOP Standards and relate to pump inlet conditions.



Figura B.3. Curvas características de las bombas de vacío VCEH-250<sup>47</sup>

<sup>47</sup> Imagen tomada del manual de operación. Allied Healthcare Products, Inc.

## Medical Vacuum

Air Flow  
(14.7 psig and 68°F)

Liters per Minute  
LPM

Cubic Feet per Minute  
SCFM

Vacuum Loss in Inches of Mercury (in Hg)  
Per 100 Feet of ASTM B819 Type K Copper Pipe  
For Air at 19 inches mercury gauge vacuum and 68°F  
(nominal pipe sizes are shown in bold)

|      |        |  |           | <b>3/4"</b>   |           |               |               |
|------|--------|--|-----------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| 10   | 0.35   |  |           | 0.019         |           |               |               |
| 20   | 0.71   |  |           | 0.061         |           |               |               |
| 30   | 1.06   |  |           | 0.120         |           |               |               |
| 40   | 1.41   |  |           | 0.194         |           |               |               |
| 50   | 1.77   |  |           | 0.284         |           |               |               |
| 60   | 2.12   |  |           | 0.387         |           |               |               |
| 70   | 2.47   |  |           | 0.504         |           |               |               |
| 80   | 2.82   |  |           | 0.634         |           |               |               |
| 90   | 3.18   |  |           | 0.777         |           | <b>1"</b>     |               |
| 100  | 3.53   |  |           | 0.932         | 0.238     |               |               |
| 120  | 4.24   |  |           | 1.277         | 0.325     |               |               |
| 140  | 4.94   |  |           | 1.669         | 0.424     |               |               |
| 160  | 5.65   |  |           | 2.106         | 0.534     |               |               |
| 180  | 6.36   |  |           | 2.586         | 0.655     | <b>1 1/4"</b> |               |
| 200  | 7.06   |  |           | 3.110         | 0.787     | 0.272         |               |
| 220  | 7.77   |  |           | 3.674         | 0.929     | 0.321         |               |
| 240  | 8.47   |  |           | 4.280         | 1.081     | 0.373         |               |
| 260  | 9.18   |  |           | 4.927         | 1.243     | 0.429         |               |
| 280  | 9.89   |  |           | 5.613         | 1.416     | 0.488         | <b>1 1/2"</b> |
| 300  | 10.59  |  |           | 6.338         | 1.597     | 0.551         | 0.242         |
| 320  | 11.30  |  |           |               | 1.789     | 0.616         | 0.270         |
| 340  | 12.01  |  |           |               | 1.990     | 0.685         | 0.300         |
| 360  | 12.71  |  |           |               | 2.200     | 0.757         | 0.332         |
| 380  | 13.42  |  |           |               | 2.419     | 0.832         | 0.365         |
| 400  | 14.12  |  |           |               | 2.648     | 0.911         | 0.399         |
| 420  | 14.83  |  |           |               | 2.886     | 0.992         | 0.435         |
| 440  | 15.54  |  |           |               | 3.132     | 1.077         | 0.471         |
| 460  | 16.24  |  |           |               | 3.388     | 1.164         | 0.510         |
| 480  | 16.95  |  |           |               | 3.652     | 1.254         | 0.549         |
| 500  | 17.66  |  | <b>2"</b> |               | 3.925     | 1.348         | 0.590         |
| 520  | 18.36  |  | 0.167     |               | 4.207     | 1.444         | 0.632         |
| 540  | 19.07  |  | 0.179     |               | 4.498     | 1.543         | 0.675         |
| 560  | 19.77  |  | 0.190     |               | 4.797     | 1.646         | 0.720         |
| 580  | 20.48  |  | 0.202     |               | 5.104     | 1.751         | 0.766         |
| 600  | 21.19  |  | 0.215     | <b>2 1/2"</b> | 5.420     | 1.859         | 0.813         |
| 700  | 24.72  |  | 0.281     | 0.100         |           | 2.441         | 1.066         |
| 800  | 28.25  |  | 0.356     | 0.126         |           | 3.092         | 1.350         |
| 900  | 31.78  |  | 0.438     | 0.155         |           | 3.811         | 1.662         |
| 1000 | 35.31  |  | 0.527     | 0.187         |           | 4.596         | 2.004         |
| 1100 | 38.84  |  | 0.624     | 0.221         | <b>3"</b> | 5.446         | 2.373         |
| 1200 | 42.37  |  | 0.728     | 0.258         | 0.111     | 6.360         | 2.770         |
| 1300 | 45.90  |  | 0.838     | 0.297         | 0.128     |               | 3.194         |
| 1400 | 49.44  |  | 0.956     | 0.338         | 0.145     |               | 3.645         |
| 1500 | 52.97  |  | 1.081     | 0.382         | 0.164     |               | 4.122         |
| 1600 | 56.50  |  | 1.212     | 0.429         | 0.184     |               | 4.626         |
| 1800 | 63.56  |  | 1.495     | 0.528         | 0.227     |               |               |
| 2000 | 70.62  |  | 1.803     | 0.637         | 0.273     |               |               |
| 2200 | 77.68  |  | 2.138     | 0.755         | 0.323     |               |               |
| 2400 | 84.75  |  | 2.497     | 0.881         | 0.378     |               |               |
| 2600 | 91.81  |  | 2.882     | 1.016         | 0.435     |               |               |
| 2800 | 98.87  |  | 3.291     | 1.160         | 0.497     |               |               |
| 3000 | 105.93 |  | 3.724     | 1.312         | 0.562     |               |               |
| 3200 | 112.99 |  | 4.181     | 1.472         | 0.630     |               |               |

Figura B.4. Caída de presión por 100 pies de tubería de cobre<sup>48</sup>

<sup>48</sup> Imagen obtenida de la Guía de diseño de Hill-Rom Medaes.

Continuación de la Figura B.4

## Medical Vacuum

Air Flow  
(14.7 psig and 68°F)

Liters per Minute  
LPM

Cubic Feet per Minute  
SCFM

Vacuum Loss in Inches of Mercury (in Hg)

Per 100 Feet of ASTM B819 Type K Copper Pipe

For Air at 19 inches mercury gauge vacuum and 68°F  
(nominal pipe sizes are shown in bold)

|       |        |  | <b>2 1/2"</b> | <b>3"</b> |           |           |           |
|-------|--------|--|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1800  | 63.56  |  | 0.528         | 0.227     |           |           |           |
| 2000  | 70.62  |  | 0.637         | 0.273     |           |           |           |
| 2200  | 77.68  |  | 0.755         | 0.323     |           |           |           |
| 2400  | 84.75  |  | 0.881         | 0.378     |           |           |           |
| 2600  | 91.81  |  | 1.016         | 0.435     |           |           |           |
| 2800  | 98.87  |  | 1.160         | 0.497     |           |           |           |
| 3000  | 105.93 |  | 1.312         | 0.562     |           |           |           |
| 3200  | 112.99 |  | 1.472         | 0.630     |           |           |           |
| 3400  | 120.06 |  | 1.641         | 0.702     | <b>4"</b> |           |           |
| 3600  | 127.12 |  | 1.818         | 0.777     | 0.201     |           |           |
| 3800  | 134.18 |  | 2.003         | 0.856     | 0.221     |           |           |
| 4000  | 141.24 |  | 2.196         | 0.939     | 0.242     |           |           |
| 4200  | 148.31 |  | 2.397         | 1.024     | 0.264     |           |           |
| 4400  | 155.37 |  | 2.606         | 1.113     | 0.287     |           |           |
| 4600  | 162.43 |  | 2.822         | 1.206     | 0.311     |           |           |
| 4800  | 169.49 |  | 3.047         | 1.301     | 0.335     |           |           |
| 5000  | 176.55 |  | 3.279         | 1.400     | 0.361     |           |           |
| 5200  | 183.62 |  | 3.519         | 1.502     | 0.387     |           |           |
| 5400  | 190.68 |  | 3.766         | 1.607     | 0.414     | <b>6"</b> |           |
| 5600  | 197.74 |  | 4.021         | 1.716     | 0.442     | 0.066     |           |
| 5800  | 204.80 |  |               | 1.828     | 0.470     | 0.070     |           |
| 6000  | 211.86 |  |               | 1.942     | 0.500     | 0.074     |           |
| 6200  | 218.93 |  |               | 2.061     | 0.530     | 0.079     |           |
| 6400  | 225.99 |  |               | 2.182     | 0.561     | 0.083     |           |
| 6600  | 233.05 |  |               | 2.306     | 0.593     | 0.088     |           |
| 6800  | 240.11 |  |               | 2.433     | 0.626     | 0.093     |           |
| 7000  | 247.18 |  |               | 2.564     | 0.659     | 0.098     |           |
| 7200  | 254.24 |  |               | 2.697     | 0.693     | 0.103     |           |
| 7400  | 261.30 |  |               | 2.834     | 0.728     | 0.108     |           |
| 7600  | 268.36 |  |               | 2.973     | 0.764     | 0.113     |           |
| 7800  | 275.42 |  |               | 3.116     | 0.800     | 0.119     |           |
| 8000  | 282.49 |  |               | 3.262     | 0.838     | 0.124     |           |
| 8200  | 289.55 |  |               | 3.411     | 0.876     | 0.130     |           |
| 8400  | 296.61 |  |               | 3.563     | 0.914     | 0.136     |           |
| 8600  | 303.67 |  |               | 3.717     | 0.954     | 0.142     |           |
| 8800  | 310.73 |  |               | 3.875     | 0.994     | 0.147     |           |
| 9000  | 317.80 |  |               | 4.036     | 1.035     | 0.154     |           |
| 9200  | 324.86 |  |               | 4.199     | 1.077     | 0.160     |           |
| 9400  | 331.92 |  |               | 4.366     | 1.120     | 0.166     |           |
| 9600  | 338.98 |  |               | 4.535     | 1.163     | 0.172     | <b>8"</b> |
| 9800  | 346.05 |  |               |           | 1.207     | 0.179     | 0.047     |
| 10000 | 353.11 |  |               |           | 1.252     | 0.185     | 0.049     |
| 11000 | 388.42 |  |               |           | 1.486     | 0.220     | 0.058     |
| 12000 | 423.73 |  |               |           | 1.739     | 0.257     | 0.068     |
| 13000 | 459.04 |  |               |           | 2.010     | 0.297     | 0.078     |
| 14000 | 494.35 |  |               |           | 2.298     | 0.339     | 0.089     |
| 15000 | 529.66 |  |               |           | 2.604     | 0.384     | 0.101     |
| 16000 | 564.97 |  |               |           | 2.927     | 0.431     | 0.113     |
| 17000 | 600.28 |  |               |           | 3.268     | 0.481     | 0.126     |
| 18000 | 635.59 |  |               |           | 3.625     | 0.534     | 0.140     |
| 19000 | 670.90 |  |               |           | 3.999     | 0.588     | 0.154     |
| 20000 | 706.21 |  |               |           | 4.389     | 0.645     | 0.169     |
| 21000 | 741.53 |  |               |           |           | 0.705     | 0.185     |

### Apéndice C. Sistema de aire comprimido industrial

| DESIGNACIÓN   | CONSUMO       |
|---|---------------|
| Martillo, servicio ligero                           | 0.160         |
| Martillos de cincelar, ligero                       | 0.280         |
| Martillos de cincelar, mediano/pesado               | 0.650 / 0.730 |
| Martillo remachador ligero                          | 0.220         |
| Martillo remachador 1/2" diam.remache               | 0.560         |
| Martillo remachador 1" diam.remache                 | 0.840         |
| Martillo remachador 1 1/4" diam.remache             | 0.890         |
| Prensa remaches                                     | 0.300         |
| Pisón, moldeo a mano, ligero 5/7 kg.                | 0.400 / 0.600 |
| Pisón, moldeo a mano, ligero 9 kg.                  | 0.620         |
| Pisón, moldeo a mano, ligero 10/16 kg.              | 0.780         |
| Taladros hasta 1/4" (6mm) diam. en acero            | 0.195         |
| Taladros hasta 1/4" (mayor potencia)                | 0.275         |
| Taladros hasta 3/8" (10mm) diam.                    | 0.450         |
| Taladros de 1/2" diam. en acero                     | 0.560         |
| Taladros de 7/8" diam. en acero                     | 1.130 / 1.270 |
| Taladros de 1 1/4" diam. en acero                   | 1.410 / 1.690 |
| Taladros de 1 1/2" diam. en acero                   | 1.410 / 1.690 |
| Taladros de 2" diam. en acero                       | 1.410 / 1.690 |
| Atornilladores, no reversibles, hasta 1/4" diam.    | 0.195         |
| Atornilladores, reversibles, hasta 1/4" diam.       | 0.300         |
| Atornilladores de 8 mm diam.                        | 0.350         |
| Amoladora de 2 1/2" y 3/8" diam. muela              | 0.420         |
| Amoladora de 4 y 1" diam. muela                     | 0.700 / 0.840 |
| Amoladora de 6" y 1" diam. muela                    | 0.990 / 1.130 |
| Amoladora de 8" y 1" diam. muela                    | 1.270         |
| Esmeriladoras muelas/disco (130/127mm) diam.        | 1.250         |
| Esmeriladoras muelas/disco (178/178mm) diam.        | 2.400         |
| Esmeriladoras muelas/disco (235/235mm) diam.        | 3.200         |
| Pulidoras, disco pulir 125 mm diam.                 | 0.300         |
| Pulidoras disco, 80, 127, 152 mm diam.              | 0.650         |
| Llaves de impacto con árbol cuadrado 3/8"           | 0.300         |
| Llaves de impacto con árbol cuadrado 1/2"           | 0.500         |
| Llaves de impacto con árbol cuadrado 3/4" - 1/2"    | 0.900 / 1.500 |
| Llaves de impacto con árbol cuadrado 1 1/2"- 2 1/2" | 1.800         |
| Fresadoras radiales, fresa 10/12 mm diam.           | 0.300 / 0.400 |
| Fresadoras de ángulo, fresa 12/15 mm diam.          | 0.300 / 0.400 |
| Motores neumáticos 0.45 HP                          | 0.500         |
| Motores neumáticos 1 HP                             | 0.875         |
| Motores neumáticos 1.4 HP                           | 1.200         |
| Bomba neumática                                     | 2.260 / 2.400 |
| Elevador neumático, carga en kg. 55/454             | 0.060 / 0.360 |
| Pistoleta sopiante                                  | 0.150         |
| Pistolas de pintar                                  | 0.150         |

Figura C.1. Consumo de aire comprimido de diversas máquinas y herramientas en m<sup>3</sup>/min<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Figura obtenida del folleto. Cálculo de tuberías para aire comprimido.



## TUBERÍA DE COBRE TIPO L

PRESENTACION: TRAMOS STANDARD DE 6.10 MTS.

| MEDIDA NOMINAL | DIAMETRO EXTERIOR | GRUESO PARED | PESO KGS. POR METRO | PESO KGS. POR TRAMO | PRESION MAXIMA<br>bs. x Pulg. <sup>2</sup> | PRESION CONSTANTE<br>Lbs. x Pulg. <sup>2</sup> | FLUJO EN LITROS x MINUTO |
|----------------|-------------------|--------------|---------------------|---------------------|--|--|--------------------------|
| 1/4"           | .375"             | .030"        |                     |                     |  |  |                          |
| 6.35 mm.       | 9.525 mm.         | .762 mm.     | 37                  | 1.143               | 7200                                       | 1440   |                          |
| 3/8"           | .500"             | .035"        |                     |                     |  |  |                          |
| 9.5 mm.        | 12.700 mm.        | .889 mm.     | .295                | 1.798               | 6300                                       | 1260   | 7.089                    |
| 1/2"           | .625"             | .040"        |                     |                     |  |  |                          |
| 12.7 mm.       | 15.875 mm.        | 1.016 mm.    | .424                | 2.585               | 5760                                       | 1152   | 13.493                   |
| 5/8"           | .750"             | .042"        |                     |                     |  |  |                          |
| 15.8 mm.       | 19.050 mm.        | 1.067 mm.    | .539                | 3.285               | 5040                                       | 1008   |                          |
| 3/4"           | .875"             | .045"        |                     |                     |  |  |                          |
| 19 mm.         | 22.225 mm.        | 1.143 mm.    | .677                | 4.126               | 4632                                       | 926  | 36.336                   |
| 1"             | 1.125"            | .050"        |                     |                     |  |  |                          |
| 25 mm.         | 28.575 mm.        | 1.270 mm.    | .975                | 5.938               | 4000                                       | 800  | 74.94                    |
| 1 1/4"         | 1.375"            | .055"        |                     |                     |  |  |                          |
| 32 mm.         | 34.925 mm.        | 1.397 mm.    | 1.315               | 8.019               | 3600                                       | 720  | 132.66                   |
| 1 1/2"         | 1.625"            | .060"        |                     |                     |  |  |                          |
| 38 mm.         | 41.275 mm.        | 1.524 mm.    | 1.696               | 10.369              | 3323                                       | 664  | 212.56                   |
| 2"             | 2.125"            | .070"        |                     |                     |  |  |                          |
| 51 mm.         | 53.975 mm.        | 1.778 mm.    | 2.604               | 15.894              | 2965                                       | 593  | 450.79                   |
| 2 1/2"         | 2.625"            | .080"        |                     |                     |  |  |                          |
| 64 mm.         | 66.675 mm.        | 2.032 mm.    | 3.690               | 22.489              | 2742                                       | 548  | 811.12                   |
| 3"             | 3.125"            | .090"        |                     |                     |  |  |                          |
| 76 mm.         | 79.375 mm.        | 2.286 mm.    | 4.955               | 30.173              | 2592                                       | 518  | 1314.90                  |
| 3 1/2"         | 3.625"            | .100"        |                     |                     |  |  |                          |
| 89 mm.         | 92.075 mm.        | 2.540 mm.    | 6.384               | 38.942              | 2482                                       | 496  |                          |
| 4"             | 4.125"            | .110"        |                     |                     |  |  |                          |
| 102 mm.        | 104.77 mm.        | 2.794 mm.    | 8.005               | 48.789              | 2400                                       | 480  | 2827.77                  |
| 5"             | 5.125"            | .125"        |                     |                     |  |  |                          |
| 128 mm.        | 142.87 mm.        | 3.175 mm.    | 11.324              | 69.076              | 2195                                       | 439  | 5173.35                  |

Figura C.2. Medidas de tramos estándar para tuberías de cobre tipo L<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Imagen obtenida del catálogo de productos de Tubocobre



| Herramienta        | coef |
|--------------------|------|
| Atomilladores      | 25%  |
| Amoladoras         | 40%  |
| Remachadores       | 50%  |
| Taladros           | 25%  |
| Lijadoras          | 50%  |
| Roscadoras         | 30%  |
| Pistoleta limpieza | 10%  |
| Maquinas de soldar | 70%  |

Figura C.3. Coeficientes de utilización para algunas herramientas.

## Apéndice D. Información general

Table 4-3.1.2.4 Standard Designation Colors and Operating Pressures for Level I Gas and Vacuum Systems

| Gas Service                    | Abbreviated Name   | Colors (Background/Text)   | Standard Pressure                            |
|--------------------------------|--|--|--|
| Medical air                    |  | Yellow/black   | 50 psig +5/-0<br>345 kPa +35/-0              |
| Carbon dioxide                 | CO <sub>2</sub>  | Grey/black or grey/white   | 50 psig +5/-0<br>345 kPa +35/-0              |
| Helium                         | He   | Brown/white  | 50 psig +5/-0<br>345 kPa +35/-0              |
| Nitrogen                       | N <sub>2</sub> or HPN <sub>2</sub>                                 | Black/white  | 160 psig +25/-0<br>1145 kPa +175/-0          |
| Nitrous oxide                  | N <sub>2</sub> O   | Blue/white   | 50 psig +5/-0<br>345 kPa +35/-0              |
| Oxygen                         | O <sub>2</sub>   | Green/white or white/green                                       | 50 psig +5/-0<br>345 kPa +35/-0              |
| Oxygen/carbon dioxide mixtures | O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> n%<br>(n is % of CO <sub>2</sub> ) | Green/white  | 50 psig +5/-0<br>345 kPa +35/-0              |
| Medical-surgical vacuum        |  | White/black  | 15 in.Hg to 30 in.Hg<br>380 mmHg to 760 mmHg |
| Waste anaesthetic gas disposal | WAGD   | Violet/white   | Varies with system type                      |
| Other mixtures                 | Gas A %/Gas B %  | Colors as above; major gas for background/<br>minor gas for text | None   |
| Nonmedical air                 |  | Yellow & white diagonal stripe/black                             | None   |
| Nonmedical vacuum              |  | White & black diagonal stripe/black boxed                        | None   |
| Laboratory air                 |  | Yellow and white checkerboard/black                              | None   |
| Laboratory vacuum              |  | White and black checkerboard/black boxed                         | None   |

Figura D.1. Designación de colores estándar para sistemas de gases médicos y no médicos<sup>51</sup>

<sup>51</sup> Imagen obtenida de la norma NFPA 99. 1999.

# **Anexos**